



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA
COMUNIDAD EL PEDREGAL, MUNICIPIO DE EL VIEJO, CHINANDEGA.**

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. Francisco Javier Desbas Mondragón

Br. Jean Luck Pineda Castillo

Tutor

Ing. María Elena Baldizón

Managua, Diciembre 2019.

Agradecimiento

Agradezco primeramente a Dios, por darme las fuerzas necesarias para salir adelante durante esta etapa de mi vida.

A mis padres, María Verónica Castillo y Bayardo José Pineda Ugarte, por brindarme todo su amor, cariño y apoyo, ya que sin ellos no hubiera podido conseguir este logro.

A nuestra tutora, Ing. María Elena Baldizón, por brindarnos todo su apoyo durante todo este tiempo y compartir sus conocimientos.

A mis compañeros; Francisco, Oscar, Bryan, Jordy, Diego, Saul, Roger, Miguel, por compartir momentos, trabajos, situaciones y experiencias que me ayudaron a crecer.

A los profesores, que con sus enseñanzas me ayudaron a adquirir conocimientos que fueron de mucha ayuda para la realización de este trabajo.

Al organismo Amigos For Christ, por brindarnos su apoyo y brindarnos las facilidades necesarias (herramientas, equipos, instalaciones, información), que fueron de vital importancia durante la elaboración de esta monografía.

A todas las personas que durante todo este tiempo me ayudaron a salir adelante.

JEAN LUCK PINEDA CASTILLO

Agradecimiento

A Dios padre, por ser el dador de oportunidades, quien en su infinito amor me ha salvado y me ha mostrado que tiene planes de bien para mi vida, este logro lo recibo como uno de sus maravillosos regalos, gracias por guiar mi camino Señor a ti sea la Gloria y el honor por siempre.

A mis padres Francisco Javier Desbas Rodríguez y Gloria Luvinda Mondragón, quienes con tanto amor me han sostenido y me han impulsado para ver cumplido su sueño de un futuro mejor para mí, gracias por inculcarme el amor a Dios y apoyarme incondicionalmente a culminar esta carrera.

A mi esposa Kerling Mejía, desde que llego a mi vida ha sido el motor que me impulsa a esforzarme, a no darme por vencido, gracias por estar conmigo desde el principio amor.

A mis compañeros de clases por compartir esta etapa única con momentos inolvidables y situaciones que nos ayudaron a crecer.

A nuestra tutora la Ing. María Elena Baldizon, que con mucha paciencia, disposición y dedicación nos ha guiado en este trabajo tan importante para nuestras vidas.

A la organización Amigos For Christ quienes desde el principio creyeron en mí y hasta ahora me han brindado todo su apoyo para cumplir esta soñada meta.

A mi Iglesia, que pude sentir su apoyo como una familia a través de líderes, pastores, hermanos que estuvieron allí cuando más los necesitaba

Francisco Javier Desbas Mondragón

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo principalmente a Dios, por ser siempre fiel y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos.

RESUMEN

El presente trabajo monográfico consiste en el Diseño de abastecimiento de Agua Potable, e en la comunidad rural “El Pedregal”, del municipio El Viejo, Chinandega, la cual no cuenta el servicio de agua, la población actual hace uso de pozos artesanales excavados, los cuales no reúnen la calidad de agua de consumo.

El proyecto comprende un área de 420 Ha, con una cobertura que abarca el 100 % de la población. La población a beneficiar será de 1214 al final del período de diseño. El caudal de máximo día será de 1.79 l/s (redondeado a 30 gpm que es igual a 1.89 l/s) y el de máxima hora de 2.85 l/s.

El sistema diseñado es del tipo MABE (Mini acueducto por bombeo eléctrico), el agua se obtendrá de un pozo perforado de 150 ft de profundidad, ubicados al noreste de la comunidad.

Se revisó el estudio Hidrogeológico y calidad del agua existentes, realizados por la organización Amigos For Christ y con ello se diseñó el pozo requerido para atender la demanda actual y futura de la población.

Se analizaron dos tipos sistemas: Fuente-Tanque-Red (Alternativa 1) y Fuente-Red-Tanque (Alternativa 2), para determinar cuál de las dos satisface las condiciones tanto técnicas como económicas para abastecer de agua a la comunidad, para ello se compararon los resultados de cálculo línea de conducción, red de distribución y estación de bombeo y tomando en cuenta el análisis para ambas alternativas en las condiciones más desfavorables, se propuso elegir la alternativa dos (Fuente-Red-Tanque).

El diámetro de la Línea de conducción será de 2.5” con una longitud de 810.6 m y la red de distribución está compuesta por 6845.46 m de tubería principal, las cuales tienen diámetros de 2” y 1 ½” de PVC. Y el tanque de Almacenamiento tendrá capacidad 8824.3 galones.

El Costo total del Proyecto será C\$ 2,827,002.88 equivalentes a \$ 85,666.75; resultando \$ 118.49 por cada persona a beneficiar.

ÍNDICE

CAPÍTULO I. GENERALIDADES	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes	2
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos	4
CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	5
2.1 Ubicación	5
2.2 Topografía	6
2.3 Población y situación actual de la comunidad	6
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO	8
3.1 Definición de agua potable	8
3.2 Sistema de abastecimiento de agua potable y características generales	8
3.3 Tipos de sistemas de abastecimiento de agua potable	8
3.3.1 Sistema de abastecimiento de agua por gravedad	8
3.3.2 Sistema de abastecimiento de agua por bombeo	9
3.4 Fuentes de abastecimiento	9
3.4.1 Tipos de fuentes	10
3.4.2 Consideraciones a seguir para la selección de la fuente de abastecimiento de agua	10
3.5 Captación	11
3.6 Estación de bombeo	11

3.6.1 Elementos de la estación de bombeo	11
3.6.2 Longitud de succión del pozo	13
3.6.3 Carga total dinámica (CTD).....	13
3.6.4 Potencia requerida	14
3.6.5 Velocidad de operación	14
3.7 Línea de conducción	14
3.8 Red de distribución	18
3.9 Almacenamiento	21
3.10 Tratamiento	21
3.11 Período de diseño.....	21
3.12 Población y consumos	22
3.12.1 Proyección de población	22
3.12.2 Proyección de consumos	22
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA	25
4.1 Estudios básicos	25
4.1.1 Etapa de reconocimiento	25
4.1.2 Recopilación de la información.....	25
4.1.3 Levantamiento topográfico.....	25
4.1.4 Encuesta socioeconómica y censo de población	26
4.1.5 Estudio hidrogeológico y calidad de las aguas	27
4.2 Estudios de gabinete.....	27
4.2.1 Tipo de sistema de agua	27
4.2.2 Fuente de abastecimiento.....	27
4.2.3 Línea de conducción	27
4.2.4 Red de distribución	31

4.2.5 Almacenamiento	32
4.2.6 Desinfección del agua.....	32
4.2.7 Elaboración de planos	32
4.2.8 Estimación de costos.....	33
4.3 Normas de diseño a utilizadas	33
4.3.1 Período de diseño	33
4.3.2 Proyección de la población	33
4.3.3 Consumos	34
4.4 Presiones máximas y mínimas.....	35
4.5 Coeficiente de rugosidad de Hazzen-Williams.....	35
4.6 Velocidades permisibles en tuberías.....	36
4.7 Diseño de los componentes del sistema.....	36
4.7.1 Fuente de abastecimiento.....	36
4.7.2 Estación de bombeo	37
4.7.3 Línea de conducción	39
4.7.4 Almacenamiento	42
4.8 Tratamiento y desinfección	44
CAPITULO V. CALCULOS Y RESULTADOS	46
5.1 Estudio Socioeconómico	46
5.1.1 Población	46
5.1.2 Escolaridad	47
5.1.3 Situación Habitacional	48
5.1.4 Situación de la propiedad	48
5.1.5 Servicios públicos existentes	49
5.1.6 Situación Económica	55

5.2 Estudio de la población.....	57
5.2.1 Población de diseño.....	57
5.3 Consumos de Agua	58
5.3.1 Dotación	58
5.3.2 Estimación del Caudal de Diseño	60
5.4 Fuente de Abastecimiento y estación de bombeo.....	62
5.4.1 Información general de la fuente	62
5.4.2 Equipo de Bombeo	62
5.5 Línea de conducción	65
5.5.1 Sistema Fuente-Tanque-Red (Alternativa 1).	65
5.5.2 Sistema Fuente-Red-Tanque (Alternativa 2)	67
5.6 Tanque de Almacenamiento	67
5.6.1 Volumen del tanque	67
5.6.2 Altura de rebose del tanque	67
5.6.3 Diámetro del tanque	68
5.7 Red de Distribución	68
5.7.1 Cálculo de los caudales en los nodos	68
5.7.2. Análisis hidráulico de red Alternativa 1. (Fuente-Tanque-Red)....	72
5.7.3. Análisis hidráulico de red Alternativa 2. (Fuente- Red -Tanque)..	80
5.7.4 Análisis con Patrón de demanda en período extendido	93
5.8 Comparación Técnica y económica de ambos sistemas	100
5.8.1 Línea de conducción	100
5.8.2 Red de distribución	100
5.8.3 Selección del sistema a utilizar	101
5.9 Tratamiento del Agua	102

5.9.1 Dosificación	102
5.10 Obras propuestas y especificaciones.....	104
5.10.1 Instalación de Tuberías.....	104
5.10.2 Equipo de Bombeo y Sarta	104
5.10.3 Tanque de Almacenamiento	105
CONCLUSIONES	106
RECOMENDACIONES.....	107

Tabla 1: Coeficiente Hazen-Williams para algunos materiales	17
Tabla 2: Dotaciones de agua.....	34
Tabla 3. Valores de k para diferentes materiales de tubería.	41
Tabla 4: Proyección de la Población.....	57
Tabla 5: Consumo Promedio Diario Total.....	60
Tabla 6: Variaciones de caudal.....	61
Tabla 7: Información de la Fuente.	62
Tabla 8: Resultados de la Prueba de Bombeo.	63
Tabla 9: Cálculo de Carga Total Dinámica.....	64
Tabla 10: Diámetro económico para el período 2019-2039. Alternativa 1	65
Tabla 11 Caudal por cada tramo de Tubería.....	68
Tabla 12. Caudales en los Nodos.	69
Tabla 13: Sistema Fuente-Tanque- Red. Alternativa 1. Condición de Análisis: CMH, CMD. Presiones en los nodos.....	75
Tabla 14: Sistema Fuente-Tanque- Red. Alternativa 1. Condición de Análisis: CMH, CMD. Velocidades en las tuberías.....	76
Tabla 15: Sistema Fuente-Tanque- Red. Alternativa 1. Condición de Análisis: CMH sin Bombeo. Presiones en los nodos.	78
Tabla 16: Sistema Fuente-Tanque-Red. Alternativa 1. Condición de Análisis: CMH sin Bombeo. Velocidad en los tramos.	79

Tabla 17: Sistema F-R-T. Alternativa 2. Condición de Análisis: Bombeo de Máximo día con Consumo de Máxima hora. Presión en los nodos.....	83
Tabla 18: Sistema F-R-T. Alternativa 2. Condición de Análisis: Bombeo de Máximo día con Consumo de Máxima hora. Caudal y velocidades en los Nodos.....	84
Tabla 19: Sistema F-R-T. Alternativa 2. Condición de Análisis: Bombeo sin consumo en la Red. Presiones en los nodos.	87
Tabla 20: Sistema F-R-T. Alternativa 2. Condición de Análisis: Bombeo sin consumo en la Red. Caudales y Velocidades en las tuberías.	88
Tabla 21: Sistema Fuente-Red-Tanque. Alternativa 1. Condición de Análisis: CMH sin Bombeo. Presiones en los nodos.	91
Tabla 22: Sistema Fuente-Red-Tanque. Alternativa 2. Condición de Análisis: CMH sin Bombeo. Caudal y velocidad en las tuberías.....	92
Tabla 23: Patrón de Demanda en Período Extendido.	93
Tabla 24: Sistema F-T-R. Alternativa 1. Análisis con Patrón de Demanda en Período Extendido. Presión en los nodos, 10:00 am.....	95
Tabla 25: Sistema Fuente-Tanque-Red. Alternativa 1. Análisis con Patrón de Demanda en Período Extendido. Presión en los nodos, 12:00 am.....	96
Tabla 26: Sistema F-R-T. Alternativa 2. Análisis con Patrón de Demanda en Período Extendido. 10:00 am.	98
Tabla 27: Sistema F-R-T. Alternativa 2. Análisis con Patrón de Demanda en Período Extendido. Presiones en los nodos. 03:00 am.....	99
Tabla 28. Comparativa técnica y económica de la línea de conducción para ambos sistemas.....	100
Tabla 29: Comparativa Técnica de la Red de Distribución, para ambos Sistemas.	100
Tabla 30: Dosificación del Cloro.....	102
Ilustración 1: Ubicación de El Pedregal en mapa topográfico, 1:50000	5
Ilustración 2: Mapa de macro localización de El Pedregal.....	6

Ilustración 3: Pozo ubicado en la comunidad El Pedregal.....	7
Ilustración 4: Línea de conducción por bombeo. Bomba Sumergible	17
Ilustración 5: Red ramificada	20
Ilustración 6: Red mallada.....	20
Ilustración 7: Secciones de la red de distribución.....	71
Ilustración 8: Nodos y tuberías de la red	73
Ilustración 9: Presiones en los nodos y velocidades en la red	74
Ilustración 10: Presiones en los nodos y velocidades en la red	77
Ilustración 11: Nodos de Demanda de la red y tuberías de distribución	81
Ilustración 12: Presiones en Nodos y Velocidades en la Tubería Principal	82
Ilustración 13: Presiones en los nodos y velocidades en las tuberías.	86
Ilustración 14: Presiones en los Nodos y caudales en la Red.	89
Ilustración 15: Presiones en los Nodos y caudales en la Red.	93
Ilustración 16: Presiones en los Nodos y caudales en la Red. 10:00 am.....	97

CAPÍTULO I. GENERALIDADES

1.1 Introducción

El abastecimiento de agua potable constituye un peldaño importante en el desarrollo de las regiones o países y de las poblaciones que habitan en los mismos.

En el pasado el desarrollo y la expansión del suministro de agua en los pequeños pueblos no han sido planificados, sino que simplemente se han efectuado suponiendo que el recurso es inagotable. Para poder alcanzar un equilibrio hidrológico y aprovisionar de manera eficiente a las comunidades es indispensable modificar este enfoque.

Un sistema de agua potable debe contar con todos los elementos necesarios para captar, conducir, almacenar, tratar y distribuir de una manera eficiente el agua hasta los distintos sectores en la que esta va a ser servida.

Un correcto diseño del Sistema de abastecimiento de Agua Potable conlleva al mejoramiento de la calidad de vida, salud y desarrollo de la población, por esta razón, debe cumplir con normas y regulaciones vigentes para garantizar su correcto funcionamiento y calidad del agua a suministrar, reduciendo así enfermedades y muertes en las poblaciones.

La entrega de servicios de abastecimiento de agua y saneamiento en Nicaragua en las zonas urbanas compete principalmente a la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL) y en algunas zonas rurales, a los Comités de Agua Potable (CAP). A pesar de que los niveles de inversión son relativamente altos, el acceso a los servicios de abastecimiento de agua en las zonas urbanas apenas si ha podido mantener el ritmo del crecimiento poblacional, mientras que el acceso a servicios de saneamiento en zonas urbanas ha declinado y, en ambos casos, la calidad del servicio es deficiente. Sin embargo, en las zonas rurales se ha logrado un incremento sustancial en la cobertura de los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento con el apoyo de Organizaciones sin fines de lucro que diseñan, supervisan y ejecutan el proyecto.

La Organización Amigos For Christ ejecutará el proyecto de abastecimiento de Agua potable en la comunidad El Pedregal, entre los principales problemas de esta comunidad se encuentran, la falta de un sistema de distribución de agua potable, altos niveles de salinidad en los pozos artesanales, debido a su posición cercana al mar, y contaminación por coliformes.

El proyecto propuesto en este trabajo monográfico se diseñó el sistema de abastecimiento de agua potable en la Comunidad El Pedregal, para resolver los problemas de abastecimiento.

El presente documento contiene la memoria de diseño y los aspectos técnicos considerados durante las etapas de estudio y diseño, además de los datos recolectados durante la investigación de campo e información suministrada por entes competentes; esto estructurado en cinco capítulos:

Capítulo 1: Generalidades.

Capítulo 2: Descripción del área de estudio.

Capítulo 3: Marco teórico.

Capítulo 4: Metodología.

Capítulo 5: Cálculos y Resultados.

1.2 Antecedentes

León y Chinandega son los municipios con más agua porque su suelo es arenoso y hay buena infiltración, en agosto del 2016 se iniciaron los estudios topográficos en la comunidad El pedregal, con una posible extensión de red de más de 11 Km.

Se realizaron dos visitas el 23 y el 28 de junio de 2017 para examinar afloramientos de la roca base, mapear niveles de agua subterránea, medir caudales superficiales y realizar análisis de campo de la calidad bacteriológica y físico-química de agua superficial y subterránea. Se realizó análisis de coliformes fecales termo tolerantes usando un laboratorio portátil basado en filtración de membrana, se tomaron dos

muestras por fuente más una muestra en blanco para propósitos de control de calidad. Se filtraron muestras de 10 ml y 100ml y se incubaron a 44 °C en un medio de cultivo de lauril sulfato por 18 horas.

Hasta el momento no existe ningún diseño del sistema completo de abastecimiento de agua, abasteciéndose actualmente de agua extraída de pozos artesanales.

1.3 Justificación

Cada vez más países están experimentando estrés hídrico, y el aumento de las sequías y la desertificación ya está empeorando estas tendencias. Se estima que al menos una de cada cuatro personas se verá afectada por escasez recurrente de agua para 2050 (**PNUD ODS #6**).

Para resolver las problemáticas de desabastecimiento, y garantizar que la comunidad cuente con agua potable las 24 horas del día, se realizó el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable.

La importancia de este estudio radica, entonces, en el impacto social que pudiera tener en las familias que no gozan del suministro de agua potable, ya que el agua a la cual tienen acceso, por medio de pozos artesanales, está contaminada.

Gracias a la construcción este nuevo sistema de agua potable, las familias de la comunidad El Pedregal, podrán contar con agua potable en sus hogares, lo que les proporcionará una mejora en la calidad de vida, al mismo tiempo que los ayudará a no adquirir más enfermedades causadas por el agua contaminada.

Esta propuesta de diseño puede ser de utilidad para la organización Amigos For Christ, quien financiará y ejecutará dicho proyecto.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable (SAAP) en la comunidad El Pedregal, en el municipio de El Viejo, Chinandega, para un periodo de 20 años.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Realizar un censo poblacional de la comunidad para estimar las necesidades de agua requeridas y el crecimiento poblacional en los últimos años.
2. Hacer un levantamiento topográfico, para conocer las condiciones actuales del terreno.
3. Estudiar la calidad del agua proveniente de un Pozo ya existente.
4. Diseñar las obras hidráulicas del sistema mediante el uso del software EPANET.
5. Dimensionar cada uno de los elementos que compondrán el sistema de agua potable de manera que cumpla con los **“DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN EL MEDIO RURAL” Y “SANEAMIENTO BÁSICO RURAL” DEL INAA.**
6. Determinar el costo unitario de los materiales requeridos para la elaboración del sistema.

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1 Ubicación

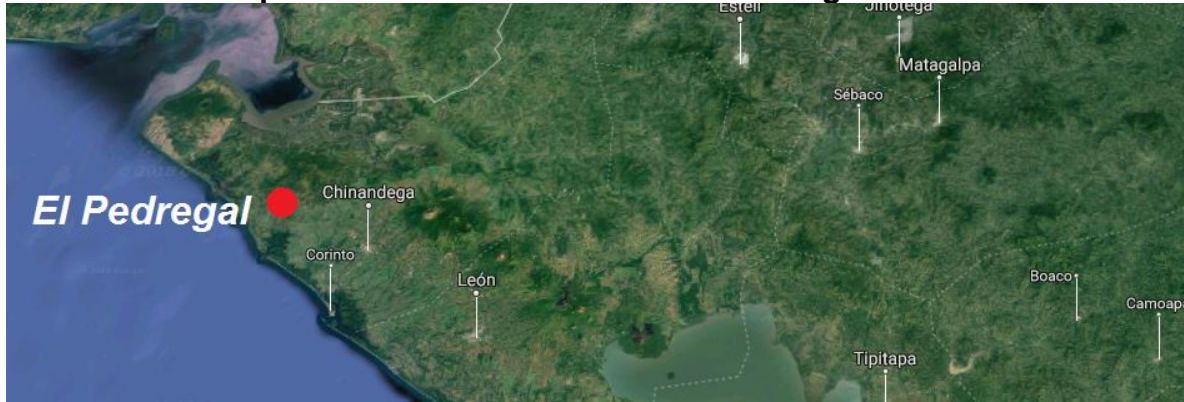
El Pedregal, también conocido como 'El Pedrenal', es una comunidad rural dispersa a aproximadamente 25 km de Chinandega (Ilustración 1). Está ubicada entre la carretera Chinandega-Cosigüina y la costa del Pacífico (Ilustración 2). La comunidad se extiende desde la línea máxima de pleamar del estero Aserradores hacia el sur, hasta una pequeña cordillera de colinas que se elevan aproximadamente 90 m.s.n.m. hacia el norte.

Ilustración 1: Ubicación de El Pedregal en mapa topográfico, 1:50000



Fuente: INETER

Ilustración 2: Mapa de macro localización de El Pedregal



Fuente: Google Maps

2.2 Topografía

La topografía del área de estudio indica la presencia tanto de afloramientos de roca base como de relleno aluvial. Aunque forma parte de la planicie costera del Pacífico, hay varias cordilleras de colinas a lo largo de la costa en León y Chinandega. La presencia de estas colinas sugiere un adelgazamiento de la capa sedimentaria del Cuaternario hacia el suroeste desde la cadena volcánica de Los Maribios. Este adelgazamiento es muy significativo en términos de hidrogeología. Por una parte, podría crear una barrera natural contra la intrusión salina, pero, por otro lado, significa que la transmisividad del acuífero principal podría reducirse significativamente hacia la costa. Esto ha sido investigado usando métodos geofísicos más hacia el este (Corriols & Dahlin, 2008), pero no hay razón para no asumir que este patrón podría extenderse al menos tan lejos como el área de estudio.

2.3 Población y situación actual de la comunidad

Según la Organización Amigos For Christ, la comunidad El Pedregal cuenta aproximadamente con 1100 habitantes. Las principales fuentes de ingreso de la comunidad son la agricultura y la pesca, aunque mucho del terreno agrícola circundante es de propiedad privada y usado para la producción de caña de azúcar.

Las condiciones de vida en la comunidad son básicas. La comunidad tiene una escuela y un centro comunal, así como electricidad y caminos de acceso razonables.

El agua y saneamiento son en general muy rústicos. Debido a lo superficial del nivel freático, la mayoría de las casas tienen su propio pozo excavado a mano (Ilustración 3). En la mayoría de los casos, el agua es extraída usando un balde, aunque también hay algunas bombas manuales (especialmente bombas de mecate) y bombas eléctricas.

Ilustración 3: Pozo ubicado en la comunidad El Pedregal.



Fuente: Elaboración Propia.

La mayoría de los pozos están protegidos solamente con un brocal improvisado (a menudo llantas de tractor) y solo unos cuantos tienen algún tipo de tapa. La mayoría de las casas tienen letrinas de hoyo simples como saneamiento. El nivel freático superficial, la protección limitada de los pozos, la proximidad de letrinas y una higiene pobre hacen que la situación en general sea altamente insalubre.

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO

3.1 Definición de agua potable

Se define como agua potable toda aquella que es apta para consumo humano, lo que quiere decir que es posible ser consumida sin que cause daños o enfermedades al ser ingerida por lo tanto no representen ningún riesgo para la salud y que cumpla con los parámetros y normas establecidas por la ley o ente regulador en materia de salud pública.

3.2 Sistema de abastecimiento de agua potable y características generales

La elaboración del diseño de un sistema de abastecimiento de agua exige como elementos básicos: fijación de las cantidades de agua a suministrar, que determinarán la capacidad de las diferentes partes del sistema; estudios sobre cantidad y calidad del agua disponible en las diferentes fuentes; reconocimientos del suelo y subsuelo; reunión de informaciones y antecedentes indispensables para el diseño, para la justificación de las soluciones adoptadas, para la preparación de su presupuesto, etc.

3.3 Tipos de sistemas de abastecimiento de agua potable

3.3.1 Sistema de abastecimiento de agua por gravedad

En estos sistemas el agua cae por acción de la fuerza de la gravedad desde una fuente elevada ubicada en cotas superiores a las de la población a beneficiar. El agua fluye a través de tuberías para llegar a los consumidores finales. La energía utilizada para el desplazamiento es la energía potencial que tiene el agua por su altura.

Las ventajas principales de este tipo de sistema son:

- a) No tienen gastos de bombeo.
- b) El mantenimiento es pequeño porque apenas tienen partes móviles.
- c) La presión del sistema se controla con mayor facilidad.

d) Robustez y fiabilidad.

Incluso los sistemas bombeados suelen diseñarse para distribuir el agua por gravedad a partir de un punto determinado.

3.3.2 Sistema de abastecimiento de agua por bombeo

En los sistemas de agua potable por bombeo, la fuente de agua se encuentra localizada en elevaciones inferiores a las poblaciones de consumo, siendo necesario transportar el agua mediante sistemas de bombeo a reservorios de almacenamiento y regulación ubicados en cotas superiores al centro poblado.

Generalmente los sistemas bombeados son diseñados para que el agua sea distribuida por la fuerza de la gravedad, saliendo de un punto determinado. Estos sistemas ayudan a que se pueda distribuir una gran cantidad de agua para cada una de las personas, por un precio que puede ser pagado por toda la comunidad.

3.4 Fuentes de abastecimiento

La fuente de abastecimiento para el suministro de agua potable constituye el elemento más importante de todo el sistema, por tanto: debe estar lo suficientemente protegida y debe cumplir dos propósitos fundamentales.

- Suministrar agua en cantidad suficiente para abastecer la demanda de la población durante el período de diseño considerado.
- Mantener las condiciones de calidad necesarias para garantizar la potabilidad de la misma.

Los pozos perforados se construyen cuando no es posible excavar un pozo a mano y está en dependencia de la formación geológica, particularmente cuando el terreno es rocoso o donde el acuífero se encuentre muy profundo, mayor de 40mts.

Para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable, es importante seleccionar una fuente adecuada o una combinación de fuentes para abastecer de agua en cantidad suficiente a la población.

3.4.1 Tipos de fuentes

- Aguas Superficiales: Son aquellas que se encuentran circulando o en reposo sobre la superficie de la tierra. Estas masas de agua son las que forman los ríos, arroyos, quebradas, lagos, lagunas, pantanos, charcas, humedales y otros similares, sean naturales o artificiales. El agua superficial es la proveniente de las precipitaciones, que no se infiltra ni regresa a la atmósfera y la que emana de manantiales o nacimientos de agua que se originan de las aguas subterráneas.

- Aguas Sub-Superficiales: Es el agua que se halla en la litosfera. Incluye el agua que se encuentra por debajo de la superficie del terreno y por debajo de los reservorios de agua superficial.

La forma más común en la que se aprecia son los afloramientos y manantiales que brotan de la tierra o entre las rocas. Puede ser permanente o temporal.

- Agua Subterránea: Es el agua que se encuentra por debajo de la superficie del suelo específicamente en la zona de saturación contenida en acuíferos en distintos estados y relaciones de composición con la parte sólida y gaseosa. Representa una fase muy importante del ciclo hidrológico ya que la mayor parte del flujo en corrientes permanentes de agua proviene de aguas subterránea. A su vez una parte del flujo en corrientes intermitentes puede filtrarse bajo la superficie, por lo que ningún examen sobre agua superficial que tenga características de evaluación integral del recurso puede ignorar las relaciones con los procesos subsuperficiales.

3.4.2 Consideraciones a seguir para la selección de la fuente de abastecimiento de agua

Lo más importante al seleccionar la fuente de abastecimiento de agua potable para una población, es tener en cuenta factores como: rendimiento de la fuente, indispensable para garantizar que se cumpla con la demanda de agua requerida todos los meses del año; la calidad del agua que posee la fuente, para saber qué tan contaminada puede estar; protección, para ver qué tan expuesta puede estar a la contaminación; viabilidad, si es de costo razonable; y la posibilidad de

tratamiento, referida a la factibilidad para tratar adecuadamente el agua de acuerdo a las condiciones vigentes en el lugar.

3.5 Captación

Un sistema de captación de agua está constituido por una serie de estructuras construidas en las fuentes de abastecimiento con el fin de derivar un caudal de agua para recolectar y almacenar y de esta forma abastecer a una población determinada. Estas fuentes pueden ser clasificadas en tres grupos según su origen y ubicación: de origen atmosférico, de ubicación superficial, y de origen y ubicación subterránea. Como en Nicaragua la mayoría de las fuentes de abastecimiento de agua potable son subterráneas y específicamente la fuente utilizada en la comunidad de El Pedregal es subterránea, se abordará este tipo de captación.

Una captación de agua subterránea es toda aquella obra destinada a obtener un cierto volumen de agua de una formación acuífera concreta, para satisfacer una determinada demanda.

En la zona rural se puede captar el agua subterránea a través de: manantiales, pozos de gran diámetro o norias y pozos tubulares.

3.6 Estación de bombeo

Las estaciones de bombeo son estructuras destinadas a elevar un fluido desde un nivel energético inicial a un nivel energético mayor, se utilizan cuando la fuente de captación de agua potable se encuentra en un nivel más bajo de la red de distribución, por lo tanto, se hace necesario elevar el agua a un nivel más alto, donde se ubican los tanques de almacenamiento y distribución para que luego el agua llegue por gravedad a la población.

3.6.1 Elementos de la estación de bombeo

A grandes rasgos se pueden distinguir tres elementos en toda la estación de bombeo:

- La tubería de succión y sus accesorios (anterior a la bomba).
- La bomba (se debe disponer siempre de una bomba de reserva).

- La tubería de impulsión y sus respectivos accesorios (posterior a la bomba). Los equipos de bombeo se seleccionan para un periodo inicial de 5 a 10 años, mientras que los diámetros de las tuberías de impulsión y succión se determinan con base en el caudal necesario para el periodo de diseño final.

3.6.1.1 Ubicación de la estación

En el caso de la captación de agua por bombeo, la estación debe colocarse aguas arriba de cualquier descarga de aguas residuales. Se debe estudiar la disponibilidad de energía eléctrica o combustible y el acceso a las instalaciones.

3.6.1.2 Caseta de control

La caseta de control se diseña de mampostería reforzada acorde a un modelo típico, incluyéndose la iluminación, ventilación y desagüe, tiene la función de proteger los equipos eléctricos y mecánicos.

3.6.1.3 Fundaciones de equipos de bombeo

La fundación del equipo de bombeo se diseña de acuerdo a las dimensiones y características del equipo, generalmente es de concreto reforzado con una resistencia a la compresión de 3000psi a los 28 días.

En los sistemas de Abastecimiento de Agua Potable los Equipos de Bombeo tienen usos muy importantes:

- Redes de abastecimiento de agua potable, donde su uso es casi obligatorio, salvo en situaciones de centros poblados próximos de cadenas montañosas, con manantiales situados a una cota mayor.
- Para elevar el agua parcialmente en el sistema mismo, cuando las presiones mínimas no alcanzan los especificados por las normas.
- Para elevar el agua hacia un tanque de almacenamiento, para distribuir el agua hacia la red.

3.6.2 Longitud de succión del pozo

La profundidad e instalación de la bomba deben estar definidas por las condiciones hidráulicas del acuífero y el caudal de agua a extraerse, tomando en consideración las siguientes recomendaciones:

- Nivel de bombeo, de acuerdo a la prueba de bombeo.
- Sumergencia de la bomba.
- Factor de Seguridad.
- Variaciones estacionales o niveles naturales del agua subterránea en verano e invierno.
- El diámetro del ademe del pozo debe estar relacionado al caudal a extraerse.
- La línea de succión debe ser lo más corta y recta posible, deben evitarse los cambios de dirección, especialmente cerca de la bomba.
- La línea de succión debe llegar hasta la succión de la bomba evitando codos o tees horizontales.
- Si el diámetro de la tubería de succión es mayor que el de la admisión de la bomba, deberá conectarse por medio de una reducción excéntrica con su parte superior horizontal.
- Se deberá proporcionar una línea de succión separada para cada bomba. Si esto no es posible, y se utiliza un múltiple de succión, las derivaciones se harán por medio de yees.
- El diámetro de la tubería de succión, será igual o mayor que el diámetro de la tubería de impulsión, será por lo menos el diámetro comercial inmediatamente superior.

3.6.3 Carga total dinámica (CTD)

Es la carga total contra la cual debe de operar una bomba. La energía por unidad de peso de líquido que debe de suministrar la bomba al mismo para que pueda

realizar el trabajo que pretende. La carga total dinámica para pozos perforados se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$C.T.D = (\text{Nivel de Rebose menos nivel de terreno del tanque}) + (\text{Nivel de Bombeo}) + (\text{Pérdidas en la columna}) + (\text{Pérdidas en la descarga}).$$

3.6.4 Potencia requerida

La potencia neta requerida del motor estará regida por:

- La potencia neta demandada por la bomba.
- Pérdidas por fricción mecánica en rotación del eje.
- Pérdidas en el cabezal de descarga.

Las pérdidas por fricción en el eje, para $v = 1760$ rpm y/o $\frac{3}{4}$ ", $1 \frac{1}{2}$ " varían entre 0.30 y 1.15 HP/100' de columna. Se tiene por norma usar un factor de 1.20 para calcular los HP del motor en base a los HP de la bomba. Este factor cubre ampliamente las pérdidas mecánicas por fricción en el eje y cabezal de descarga de la bomba.

3.6.5 Velocidad de operación

Se acostumbra a usar la misma velocidad de operación de la bomba, y de ser posible se solicita que su velocidad no sobrepase los 1800 rpm, sino usar equipos hasta 3450 rpm.

3.7 Línea de conducción

Se denomina línea de conducción a la parte del sistema constituida por el conjunto de conductos, estructuras de operación, de protección y accesorios especiales destinados a transportar el agua desde el lugar de la captación hasta el sitio de entrega. Las aguas captadas a ser conducidas y distribuidas a la población se pueden transportar por gravedad o bombeo; a través de canales abiertos o conductores cerrados a presión dependiendo de la topografía del terreno.

Para el trazado de la línea de impulsión se tomará en cuenta lo siguiente:

- a) Evitar pendientes mayores del 30% para evitar velocidades excesivas.
- b) En lo posible buscar el menor recorrido siempre y cuando esto no conlleve a excavaciones excesivas u otros aspectos.
- c) Evitar cruzar por terrenos privados o comprometidos para evitar problemas durante la construcción y en la operación y mantenimiento del sistema.
- d) Mantener las distancias permisibles de vertederos sanitarios, márgenes de ríos, terrenos aluviales, nivel freático alto, cementerios y otros servicios.
- e) Utilizar zonas que sigan o mantengan distancias cortas a vías existentes o que por su topografía permitan la creación de caminos para la ejecución, operación y mantenimiento.
- f) Evitar zonas vulnerables a efectos producidos por fenómenos naturales y antrópicos.
- g) Tener en cuenta la ubicación de las canteras para los préstamos y zonas para la disposición del material sobrante, producto de la excavación.
- h) Establecer los puntos donde se ubicará instalaciones, válvulas y accesorios, u otros accesorios especiales que necesiten cuidados, vigilancia y operación.

3.7.1 Caudal de diseño

El caudal de una línea de conducción será el correspondiente al consumo máximo diario para el período de diseño. Tomando en cuenta que no resulta aconsejable ni práctico mantener períodos de bombeo de 24 horas diarias, habrá que incrementar el caudal de acuerdo a la relación de horas de bombeo, satisfaciendo así las necesidades de la población para el día completo.

3.7.2 Diámetro de la tubería

Los criterios de elección del diámetro de la tubería se basan en un análisis técnico-económico.

a) Criterio técnico

La elección de la dimensión del diámetro depende de la velocidad en el conducto, velocidades muy bajas permiten sedimentación de partículas y velocidades altas producen vibraciones en la tubería, así como pérdidas de carga importantes, lo que repercute en un costo elevado de operación.

b) Criterio económico

El cálculo económico, está basado en:

- Datos de inversión inicial.
- Costo de la tubería instalada por metro lineal. - Costo del equipo de bombeo instalado por cada HP o KW.
- Datos de inversión por explotación.
- Costo anual de operación.
- Valor presente de operación en 10 años.

Un procedimiento para la selección del diámetro más adecuado (económico), es usando la fórmula de Bresse.

3.7.3 Velocidad y presión

Es muy importante calcular la velocidad y presión de agua en las tuberías. Cuando se trata de un sistema rural de abastecimiento de agua es necesario tener velocidades mayores a 0.4 m/s para minimizar las pérdidas por fricción y se deberá mantener una presión de por lo menos 5 m en los puntos críticos.

3.7.4 Pérdida de carga en las tuberías

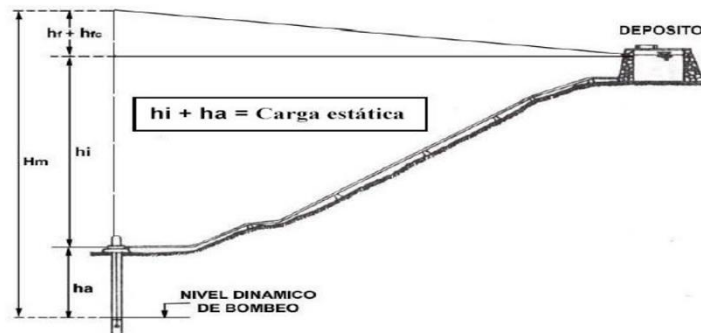
La pérdida de carga en una tubería es la pérdida de energía dinámica del fluido debida a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las contiene. Pueden ser continuas, a lo largo de conductos regulares, accidental o localizada, debido a circunstancias particulares, como un estrechamiento, un cambio de dirección, la presencia de una válvula, etc.

Tabla 1: Coeficiente Hazen-Williams para algunos materiales

Material	C
Hierro fundido, nuevo	130
Hierro fundido, 10 años de edad	107-113
Hierro fundido, 20 años de edad	89-100
Hierro fundido, 30 años de edad	75-90
Hierro fundido, 40 años de edad	64-83
Hierro dúctil	120
Hierro galvanizado	120
Plástico (PE, PVC)	140-150
Tubería lisa nueva	140
Acero nuevo	140-150
Acero	130

Fuente: Normativa Técnica Para el Diseño y Abastecimiento de Potabilización del Agua

Ilustración 4: Línea de conducción por bombeo. Bomba Sumergible



Fuente: Apuntes de ingeniería sanitaria I, ing. María Elena Baldizón

3.7.5 Golpe de ariete

Cuando se cierra bruscamente una válvula o un grifo instalado en el extremo de una tubería de cierta longitud, las partículas de fluido que se han detenido son empujadas por las que vienen inmediatamente detrás y que siguen aún en movimiento. Esto origina una sobrepresión que se desplaza por la tubería a una

velocidad que puede superar la velocidad del sonido en el fluido. Esta sobrepresión tiene dos efectos: comprime ligeramente el fluido, reduciendo su volumen, y dilata ligeramente la tubería. Cuando todo el fluido que circulaba en la tubería se ha detenido, cesa el impulso que la comprimía y, por tanto, ésta tiende a expandirse. Por otro lado, la tubería que se había ensanchado ligeramente tiende a retomar su dimensión normal. Conjuntamente, estos efectos provocan otra onda de presión en el sentido contrario. El fluido se desplaza en dirección contraria, pero, al estar la válvula cerrada, se produce una depresión con respecto a la presión normal de la tubería. Al reducirse la presión, el fluido puede pasar a estado gaseoso formando una burbuja mientras que la tubería se contrae. Al alcanzar el otro extremo de la tubería, si la onda no se ve disipada, por ejemplo, en un depósito a presión atmosférica, se reflejará siendo mitigada progresivamente por la propia resistencia a la compresión del fluido y a la dilatación de la tubería.

➤ **Las medidas para evitar el golpe de ariete son:**

- a) Limitación de la velocidad en las tuberías.
- b) Cierre lento de válvulas y registros, construcción de piezas que no permitan la obstrucción muy rápida.
- c) Empleo de válvulas y dispositivos mecánicos especiales, válvulas de alivio.
- d) Utilización de tuberías que puedan soportar sobrepresiones ocasionadas por el golpe de ariete.

Instalación de cámaras de aire comprimidas que proporcionen el amortiguamiento de los golpes. El mantenimiento de estos dispositivos requiere ciertos cuidados, para que se mantenga el aire comprimido en las cámaras.

3.8 Red de distribución

Una red de distribución es el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde tanques de almacenamiento hasta las tomas domiciliarias o hidrantes públicos; con el fin de proporcionar agua a los usuarios para consumo

doméstico, público, comercial, industrial y para condiciones extraordinarias como el extinguir incendios.

La red de distribución tiene las funciones de suministrar agua a los diferentes consumidores en cantidad suficiente y entregar un agua sanitariamente segura.

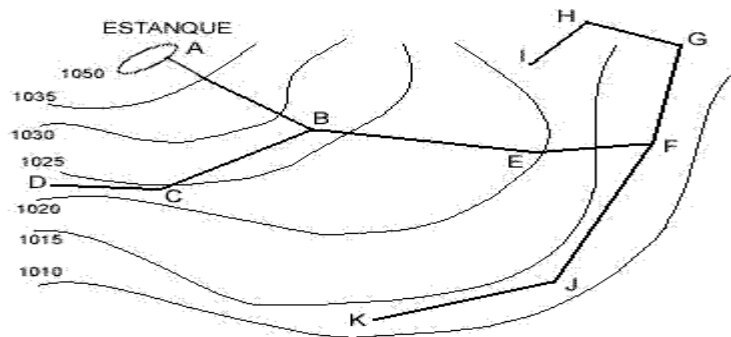
3.8.1 Tipos de redes

Dependiendo de la topografía, de la vialidad, y de la ubicación de la fuente de abastecimiento y del tanque de almacenamiento puede determinarse el tipo de red de distribución.

- **Redes ramificadas**

Son redes de distribución constituidas por ramales, troncal y una serie de ramificaciones o ramales que pueden constituir pequeñas mallas o ramales ciegos. Este tipo de red es usada cuando la topografía es tal que dificulta o no permite la interconexión entre ramales (Ilustración 5).

Ilustración 5: Red ramificada

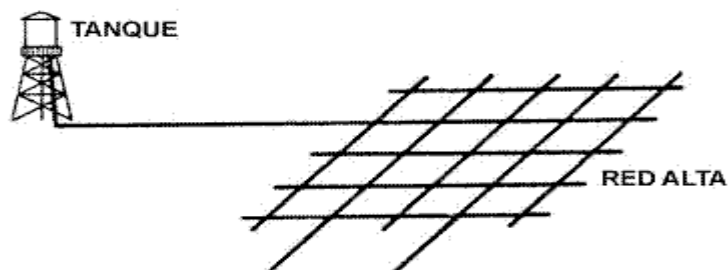


Fuente: Apuntes de ingeniería sanitaria I, ing. María Elena Baldizón

- **Redes malladas**

Son aquellas redes constituidas por tuberías interconectadas formando mallas. Este tipo de red es el más conveniente y se tratará siempre de lograrse mediante la interconexión de las tuberías a fin de crear circuitos cerrados que permitan un servicio más eficiente y permanente (Ilustración 6).

Ilustración 6: Red mallada



Fuente: Apuntes de ingeniería sanitaria I, ing. María Elena Baldizón

3.9 Almacenamiento

Los sistemas de almacenamiento tienen como función suministrar agua para consumo humano a las redes de distribución, con las presiones de servicio adecuadas y en cantidad necesaria que permita compensar las variaciones de la demanda. Asimismo, deberán contar con un volumen adicional para suministro en casos de emergencia como incendio, suspensión temporal de la fuente de abastecimiento y/o paralización parcial de la planta de tratamiento.

Para capacidades medianas y pequeñas, como es el caso de los proyectos de abastecimiento de agua potable en poblaciones rurales, resulta tradicional y económica la construcción de un reservorio apoyado de forma cuadrada o circular cuando el terreno presenta zonas altas y seguras.

3.10 Tratamiento

Si la calidad del agua no satisface las normas recomendadas deberá someterse a un tratamiento de potabilización. Toda agua que se utiliza para consumo humano debe de someterse a desinfección, incluso la de origen subterráneo para prevenir cualquier contaminación durante su distribución.

En Nicaragua casi todos los sistemas de abastecimiento que desinfectan el agua potable usan cloro debido a su potencia germicida, economía y eficiencia. Además, los desinfectantes basados en cloro son los únicos con las propiedades residuales duraderas que previenen el crecimiento microbiano y proporcionan protección continua durante la distribución de la planta de tratamiento al hogar.

3.11 Período de diseño

En los diseños de proyectos de Abastecimiento de Agua se recomienda fijar la vida útil de cada uno de los componentes del sistema, con el propósito de:

- Determinar que períodos de estos componentes del Sistema, deberán satisfacer las demandas futuras de la comunidad.
- Qué elementos del sistema deben diseñarse por etapas.

- Cuáles serán las previsiones que deben de considerarse para incorporar los nuevos elementos al sistema.

3.12 Población y consumos

3.12.1 Proyección de población

Existen diferentes métodos de proyección de población, para decidir cuál de todos resulta más adecuado es básico el conocimiento de la ciudad y de sus “afueras”, su área comercial, el crecimiento de sus industrias y el estado de desarrollo de la comarca circundante, por supuesto que los sucesos extraordinarios, como el imprevisto desarrollo de una gran industria, trastornan todos los cálculos sobre el futuro crecimiento. Así mismo deben considerarse las posibilidades de migración hacia el lugar, las actividades que representen la población flotante se requieren de un estudio individual.

3.12.1.1 Población futura

Para realizar el dimensionamiento de los elementos del sistema se debe establecer la población futura a servir en el periodo de diseño. El INAA sugiere se proyecte usando el método geométrico, por ser el que mejor representa el ritmo de crecimiento de países en subdesarrollo, donde hay un mayor porcentaje de población joven menor de 30 años.

3.12.1.2 Tasa de crecimiento

El Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (INAA) en sus Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimientos y Potabilización del Agua, indica que la tasa de crecimiento no debe ser mayor del 4%, ni menor del 2.5%.

3.12.2 Proyección de consumos

3.12.2.1 Dotación de agua

Es el agua utilizada por un grupo cualquiera radicado en un lugar, este consumo estará en proporción directa al número de habitantes en proporción al mayor o menor desarrollo de sus actividades comerciales e industriales y también de su *modus vivendus*.

Históricamente se ha creído que el consumo de agua depende única y exclusivamente del crecimiento poblacional, pero actualmente se ha demostrado que el consumo de agua es también influenciado por factores tales como el clima, el nivel económico, la densidad de población, el grado de industrialización, el costo, la presión, la calidad de abastecimiento, costumbre, uso de hidrómetros (medidores), pérdidas de fricción de las tuberías y fugas y existencia de alcantarillado sanitario.

3.12.2.2 Variaciones de consumo e influencia sobre las diferentes partes del sistema.

En un sistema público de abastecimiento de agua, la cantidad de agua consumida varía continuamente en función del tiempo, de las condiciones climáticas, costumbres de la población, etc. Hay meses en que el consumo de agua es mayor en los países tropicales como en Nicaragua, sobre todo en los meses de verano. Por otro lado, dentro de un mismo mes, existen días en que la demanda de agua asume valores mayores sobre los demás.

Durante el día el caudal dado por una red pública varía continuamente. En las horas diurnas el caudal supera el valor medio, alcanzando valores máximos alrededor del mediodía, durante el período nocturno el consumo decae, por debajo de la media, presentando valores mínimos en las primeras horas de la madrugada. De lo anterior se deduce un Consumo promedio Diario (CPD), un Consumo Máximo Horario (CMH)

3.12.2.3 Consumo promedio diario (CPD)

Es el consumo promedio de los consumos diarios durante un año de registro y es la base para la estimación del caudal máximo diario y horario.

3.12.2.4 Consumo máximo diario (CMD)

Representa el día de mayor consumo en el año. Este caudal es el que debe aportar como mínimo la fuente de abastecimiento y es el que debe llevar la línea de conducción y con el que se calcula la capacidad de la planta potabilizadora y el tanque de regulación

3.12.2.5 Consumo máximo horario (CMH)

Es la hora de máximo consumo del día y se presenta en una hora.

3.12.2.6 Tipos de consumo

La demanda municipal de agua es comúnmente clasificada de acuerdo con la naturaleza del usuario. Las clasificaciones ordinarias son:

- **Consumo doméstico (CD)**

Suministro de agua a hoteles, consumo familiar dentro del cual se contempla agua para: ingerir, lavado de ropa, aseo personal, etc. El uso varía con el nivel económico de los consumidores y este representa generalmente el consumo predominante en el diseño.

- **Consumo comercial e industrial (CC-CI)**

Suministro de agua a establecimientos industriales y comerciales tales como fábricas, oficinas y almacenes. La importancia de este uso varía dependiendo si hay grandes industrias y de si estas obtienen su agua del sistema municipal.

- **Consumo Público (CP)**

Suministro de agua a edificios públicos, edificios del gobierno, colegios, riego de calles y protección contra incendios, por los cuales el abastecedor municipal en general no recibe pago.

- **Pérdidas (Hf)**

Es la parte del agua que se produce en un sistema de agua potable y se pierde en cada uno de sus componentes. Las pérdidas son producto por juntas en mal estado, válvulas y conexiones defectuosas etc.

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA

4.1 Estudios básicos

En esta fase se realizaron todos los estudios, tales como: Reconocimiento del sitio, Recopilación de la información, levantamiento topográfico, Encuesta socioeconómica y censo poblacional, estudio hidrológico y calidad de las aguas.

4.1.1 Etapa de reconocimiento

Durante este periodo, se procedió a visitar la comunidad para conocer las condiciones y el tipo de terreno existente. Dentro de los datos a recaudar están los siguientes:

- Reconocimiento de la infraestructura vial.
- Identificación de zonas inundables.
- Identificación de accidentes topográficos.
- Posibles terrenos donde ubicar el tanque de almacenamiento.
- Identificar tentativas rutas por donde trazar la línea de conducción.

4.1.2 Recopilación de la información

Se recopiló toda la información necesaria del área de estudio, referente al tipo de suelo, topografía, salud, nivel socioeconómico, estudio hidrológico (ENACAL), incluyendo toda la información de la red de abastecimiento de agua potable, para ello se visitará las instituciones correspondientes como la Alcaldía de Chinandega, ENACAL, INIDE.

4.1.3 Levantamiento topográfico

Se llevó a cabo el levantamiento topográfico con ayuda de la organización “Amigos For Christ”, fue realizado utilizando un equipo de Estación Total, una cinta métrica, cámara fotográfica y un cuaderno de apuntes.

Esta etapa comprendió los siguientes aspectos:

- Localización de viviendas, escuelas y edificios públicos y privados en general, donde se marcó y posteriormente se hizo la lectura en un punto dentro de cada una de estas estructuras.
- Levantamiento de la infraestructura vial, por medio de puntos levantados a todo lo largo del camino, estos puntos generalmente eran en los bordes, para poder identificar de una manera óptima el camino.
- Con la ayuda de un GPS, se obtuvo las coordenadas del pozo, de igual manera se procedió a determinar la altura sobre el nivel del mar de este punto.
- Después de ubicar el pozo y el tanque, se procedió a trazar la línea de conducción, buscando los factores más favorables en cuanto a pendiente, distancia y accesibilidad. La red de distribución se trazó tomando en cuenta los caminos de la comunidad.

4.1.4 Encuesta socioeconómica y censo de población

Esta información fue facilitada por la organización Amigos For Christ e investigaciones de campo realizadas por el equipo de trabajo a fin de determinar las condiciones socioeconómicas que prevalecen en la comunidad. Se encuestó a un total de 191 familias, lo que representa el 98% de viviendas, esto debido a que tres familias no se encontraban en sus hogares y una no pudo atender

La investigación de campo comprendió la aplicación de dos encuestas:

Una encuesta socioeconómica, en la cual se pretendió determinar las condiciones en la que viven las familias y las actividades que realizan; y la otra encuesta diseñada para determinar el uso del agua de cada vivienda. El proceso de encuestado se desarrolló en el mes de octubre del año 2018, realizando una encuesta por familia.

El procesamiento de los datos obtenidos, para la elaboración de gráficas y con esto un mejor entendimiento de los resultados, se realizó con la ayuda del programa MICROSOFT EXCEL.

4.1.5 Estudio hidrogeológico y calidad de las aguas

Se revisaron los estudios Hidrogeológicos y calidad del agua, existentes realizados por la organización Amigos For Christ y con ello se diseñaron los pozos necesarios para atender la demanda futura de la población.

Se realizó análisis de calidad de agua en la fuente actual para verificar la calidad del agua.

4.2 Estudios de gabinete

4.2.1 Tipo de sistema de agua

Se analizaron dos tipos de sistema: Fuente-Tanque-Red (Alternativa 1) y Fuente-Red-Tanque (Alternativa 2), para determinar cuál de las dos satisface las condiciones tanto técnicas como económicas para abastecer de agua a la comunidad.

4.2.2 Fuente de abastecimiento

El sistema de abastecimiento de agua potable será abastecido por un pozo profundo, el cual fue construido por la organización Amigos For Christ.

4.2.3 Línea de conducción

4.2.3.1 Caudal de diseño

La línea de conducción se diseñó para una capacidad igual al consumo del día de máximo consumo, para fines del período de diseño, asumiendo un tiempo de bombeo máximo de 16 horas.

4.2.3.2 Selección de diámetro

Para la determinación del diámetro se realizó un análisis técnico económico de la tubería que unirá los pozos junto con la red hasta el tanque de almacenamiento proyectado.

En base a la Formula de Bresse se hizo un pre-dimensionamiento.

$$D = k * Q^{0.45}$$

Dónde:

D: Diámetro (m)

Q: Caudal (m³/s)

K: 0.9

4.2.3.3 Estudio técnico económico

Determinado el diámetro, se escogieron 3 diámetros en torno a ese valor. Se compararon los costos anuales equivalentes de las inversiones en suministro e instalación de tuberías y los costos anuales de energía, generados por la conducción para todos los diámetros.

Las fórmulas empleadas fueron las siguientes:

- Cálculo del Costo Anual de Tubería (CAT)

$$CAT = Crf * Vpe$$

$$Crf = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

- Cálculo del Costo Anual de Energía (CAE)

$$CAE = \frac{Q_b * CTD * t_b * 365días * \frac{C\$ Kw.}{h}}{3960 * e_b * e_m}$$

- Costo Anual Equivalente Total

$$CAEq = CAE + CAT$$

Dónde:

CAT : Costo Anual de Tubería.

Crf : Coeficiente de recuperación.

VPe : Valor presente.

CAE : Costo Anual de Energía.

- Q_b : Caudal de Bombeo (gpm).
- CTD : Carga total dinámica (m).
- t_b : Tiempo de bombeo (horas).
- e_b : Eficiencia del equipo de bombeo (%).
- i : Interés anual (%).
- e_m : Eficiencia del motor (%).
- $CAEq$: Costo anual equivalente.

- Pérdidas de carga

Para calcular las pérdidas se utilizó la ecuación de Hazen-William:

$$hf = \frac{(10.67)(Q)^{1.85}}{(C)^{1.85}(D)^{4.87}} * L$$

Dónde:

Hf: Perdidas (m).

Q: Caudal de diseño (m³/s).

C: Coeficiente de rugosidad.

D: Diámetro (m).

- Velocidad

Se permitieron velocidades de flujos línea de conducción entre 0.6 m/s y 2.0 m/s, y se calcularon a través de la fórmula de continuidad y ayuda del programa EPANET:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Dónde:

V: Velocidad (m/s).

A: Área de la sección transversal de la tubería (m²).

Q: Caudal (m³).

4.2.3.1 Golpe de ariete

Así mismo, se hicieron las consideraciones técnicas necesarias para prevenir las condiciones de golpe de ariete.

$$\Delta H = \frac{CV}{g}$$

Dónde:

ΔH : Sobrepresión o golpe de ariete (m).

V: Velocidad media del agua (m/s).

C: celeridad (m/s).

g: Aceleración de la gravedad (m/s²).

Cálculo de la Celeridad

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + k \frac{D}{e}}}$$

Considerando $C \leq 1000$ m/s.

Dónde:

C: Celeridad o velocidad de la onda de compresión o de succión (m/s).

D: Diámetro de la tubería (m).

e: Espesor de la tubería (m).

k: 18.

Cálculo del Coeficiente K, que tiene en cuenta los módulos de elasticidad

4.2.4 Red de distribución

Se realizó el trazado de la red de abastecimiento de agua potable, tomando en cuenta la topografía del lugar, la distribución de la población y el tipo de sistema. Y se analizaron las dos alternativas de funcionamiento:

- a) Alternativa 1. Sistema de bombeo contra el tanque de almacenamiento y del tanque de almacenamiento a red de distribución por gravedad
- b) Alternativa 2. Sistema de bombeo contra la red de distribución, con tanque de almacenamiento dentro de la red o en el extremo de ella.

4.2.4.1 Sistema de bombeo contra el tanque de almacenamiento

En esta condición el caudal correspondiente al consumo máximo diario es bombeado hacia el tanque de almacenamiento. La red demandará del tanque el consumo de la máxima hora.

4.2.4.2 Bombeo contra la red de distribución con el tanque de almacenamiento

Las condiciones de análisis realizadas fueron las siguientes:

1. Consumo máximo horario con bombeo de máximo día para el último año del período de diseño. En este caso, el equipo de bombeo está produciendo e impulsando el caudal máximo diario por medio de las líneas de conducción a la red y el tanque de almacenamiento aporta el complemento al máximo horario.
2. Consumo máximo horario sin bombeo para el último año del período de diseño. En este caso la red trabaja por gravedad atendiendo la hora de máximo consumo desde el tanque.
3. Bombeo del consumo máximo día sin consumo en la red. Este caso determina la carga total dinámica de las bombas y servirá para dimensionar la potencia

de las mismas; aquí el agua va directamente al tanque sin ser consumida, dando las presiones máximas en la red.

Los análisis hidráulicos fueron realizados mediante el programa EPANET. El sistema consta de 23 nodos de consumo, 1 tanque de almacenamiento, 1 pozo y 1 bomba.

Los caudales nodales para el análisis del modelo hidráulico de la red de distribución fueron calculados a través del método de la longitud unitaria. Se calculó el caudal unitario para determinar el caudal en cada tramo y posteriormente realizar la repartición de caudales.

Las simulaciones se realizaron tomando en cuenta los siguientes factores:

- Nivel dinámico del agua dentro del pozo.
- Curva característica del equipo de bombeo seleccionado.
- Dimensiones reales del tanque de almacenamiento.
- El diámetro mínimo de tubería PVC SDR-26 de 1 ½" en acueductos rurales.

4.2.5 Almacenamiento

Se diseñó hidráulicamente la capacidad del tanque de almacenamiento y todos los elementos necesarios para mantener la continuidad y las presiones en mca en la red.

4.2.6 Desinfección del agua

Se calculará la cantidad de cloro necesaria para la desinfección del agua y se verificará el estado futuro del sistema de cloración existente.

4.2.7 Elaboración de planos

Se elaborarán los planos y especificaciones del sistema de abastecimiento de agua potable, con ayuda del software AUTO-CAD.

4.2.8 Estimación de costos.

Se estimarán los costos directos de materiales a utilizar en el sistema de abastecimiento de agua potable a proponer.

4.3 Normas de diseño a utilizadas

Para el Diseño del Sistema de “ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD EL PEDREGAL EN EL MUNICIPIO DE EL VIEJO, CHINANDEGA”, se utilizaron los criterios de diseño en las normas establecidas NTON 09002- 99, NTON 09003-99 por INAA y las normas de Diseño de Abastecimiento de Agua en el Medio Rural.

4.3.1 Período de diseño

El período de diseño para todos los elementos componentes del sistema de abastecimiento de agua potable se estimó de 20 años.

4.3.2 Proyección de la población

La población de diseño (Pd), será igual:

$$P_o = P_n (1 + r)^n \quad (1)$$

Dónde:

P_n : Población del año "n".

P_o : Población al inicio del período de diseño.

r : Tasa de crecimiento en el periodo de diseño expresado en notación decimal.

n : Número de años que comprende el periodo de diseño.

4.3.2.1 Tasa de crecimiento.

La tasa de crecimiento geométrica (rg). Se calculó el método geométrico

$$rg = \left(\frac{p_f}{p_b}\right)^{1/n} - 1 \quad (2)$$

Dónde:

rg : Tasa de crecimiento geométrico.

Pb: Población base o población 1.

Pf: Población futura o población 2.

n: Número de años que comprende el período entre los datos poblacionales.

4.3.3 Consumos

4.3.3.1 Dotación

Según la sección 3.1.b, de las Normas de Diseño de Abastecimiento de Agua Potable en el Medio Rural, las dotaciones deberán ser asignadas de la siguiente manera, de acuerdo al sistema a implementarse en la comunidad.

- Para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliarias de patio, se asignó un caudal de 50 a 60 lppd.
- Por otro lado, la NTON 09003-99, en la sección 2.2.2, establece un consumo de agua de 75 lppd para poblaciones menores a 5000 habitantes.

Tabla 2: Dotaciones de agua.

Rango de Población	Dotación	
	q/hab/dia	L/hab/dia
0-5000	20	75

Fuente: Normativa Técnica para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua.

4.3.3.2 Variaciones de consumo

Las variaciones de consumo están expresadas como factores de la demanda promedio diaria y sirven de base para el dimensionamiento de la capacidad de: Obras de captación, líneas de conducción, red de distribución etc.

- **Consumo promedio diario (CPD)**

El consumo promedio diario CPD es igual al producto de la población a servir por la dotación per cápita.

$$CPD = Pd \times \text{Dotación} \quad (3)$$

El consumo promedio diario total CPDT es igual al CPD incrementado en 20% por agua no contabilizada o pérdidas de agua en el sistema.

$$\text{CPDT} = 1.20 \text{ CPD} \quad (4)$$

Las variaciones de consumo estarán expresadas en porcentaje de la demanda promedio diario total (CPDT).

- **Consumo de máximo día (CMD)**

$$\text{CMD} = k * \text{CPD} + h_f \quad (5)$$

$k = 1.3 \sim 1.5$ (Según INAA).

- **Consumo de máxima hora (CMH)**

$$\text{CMH} = k * \text{CPD} + h_f \quad (6)$$

$k = 2.5$ (Según INAA)

- **Pérdidas en el sistema.**

Cuando se proyectan sistemas de abastecimiento de agua potable es necesario considerar las pérdidas que se presentan en cada uno de los componentes. La cantidad de agua perdida se fija como un porcentaje del consumo promedio diario, cuyo valor no deberá ser mayor del 20%.

4.4 Presiones máximas y mínimas.

Para brindar presiones adecuadas en el funcionamiento del sistema de agua potable se recomienda que éstas se cumplan dentro de un rango permisible en los valores siguientes:

Presión mínima 5.0 m

Presión máxima 50.0 m

4.5 Coeficiente de rugosidad de Hazzen-Williams.

Tubo de hierro galvanizado 100

Tubo de hierro fundido 130

Tubo PVC 150

4.6 Velocidades permisibles en tuberías.

La sección 4.5, de las Normas Técnicas de Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en el Medio Rural, establece que: “Se recomienda fijar valores de las velocidades del flujo en los conductos en un rango para evitar erosión interna o sedimentación en las tuberías”.

Velocidad mínima 0.4 m/s

Velocidad máxima 2.0 m/s

4.7 Diseño de los componentes del sistema

4.7.1 Fuente de abastecimiento

Los criterios de aceptación del pozo serán los siguientes (según las Normas Técnicas de Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en el Medio Rural):

- El caudal de explotación será obtenido a través de una prueba de bombeo de un mínimo de 24 horas a caudal constante y de una prueba a caudal variable con mínimo de cuatro etapas de una hora cada una. La recomendación del caudal máximo de explotación se hará de acuerdo al análisis de la prueba.
- El caudal de explotación de bombeo estará en función de un período de bombeo mínimo de 12 horas y un máximo de 16 horas.
- El caudal máximo recomendado de la explotación de un pozo deberá ser igual o superior a 1.5 del consumo día promedio (QDP).
- Disposición de la comunidad para operar y mantener el sistema.

4.7.2 Estación de bombeo

4.7.2.1 Diseño hidráulico de la estación de bombeo

A) Diámetro de la tubería de descarga

El diámetro de la tubería de descarga se calculó a partir de la siguiente ecuación, similar a la de Bresse, pero que utiliza el caudal de diseño en lugar del caudal de bombeo:

$$D = 0.9 \cdot Q_d^{0.45} \quad (7)$$

Donde:

D: Diámetro en m.

Q: Caudal de diseño en m³/s.

B) Carga total dinámica

Es la carga total contra la cual debe de operar una bomba. La energía por unidad de peso de líquido que debe de suministrar la bomba al mismo para que pueda realizar el trabajo que pretende. La carga total dinámica para pozos perforados se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$CTD = NB + CED + hf_{columna} + hf_{descarga} \quad (8)$$

Donde:

NB: Nivel más bajo del agua durante el bombeo.

CED: Carga estática de la descarga.

hf_{columna}: Pérdidas de la columna dentro del pozo.

hf_{desc}: Pérdidas en la descarga.

La NTON 09001-99, en la sección 6.4.1, establece que las pérdidas por fricción en la columna de bombeo se consideraran no mayor al 5% de su longitud.

$$hf_{columna} = 5\% L_{suc.} \quad (9)$$

Donde:

$$L_{suc.} = NB + Sumergencia \quad (10)$$

Para determinar las pérdidas en la tubería de la descarga se calcula con la fórmula de Hazen Williams, las pérdidas locales no se calculan ya que para pozos profundos son insignificantes.

$$h_{f\text{descarga}} = 10.674 \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} \left(\frac{L}{D^{4.87}} \right) \quad (11)$$

C) Selección del equipo de bombeo

Conociendo la altura a vencer por la bomba (H_b) y el caudal que debe suministrar la misma (Q), se selecciona de entre los equipos de bombeo ofrecidos por catálogo aquel modelo que presente una curva característica que trabaje en un rango de altura y caudal lo más parecido posible a los valores calculados. Del catálogo se obtienen las especificaciones de la bomba seleccionada, que incluye: velocidad de giro (n), diámetro del orificio de la bomba (d), potencia (P) y eficiencia (N).

D) Potencia hidráulica de la bomba

La potencia neta requerida del motor estará regida por:

- La potencia neta demandada por la bomba.
- Pérdidas por fricción mecánica en rotación del eje.
- Pérdidas en el cabezal de descarga.

Las pérdidas por fricción en el eje, para $v = 1760$ rpm y/o $\frac{3}{4}$ ", $1 \frac{1}{2}$ " varían entre 0.30 y 1.15 HP/100' de columna. Para determinar la potencia hidráulica de la bomba se usará la siguiente fórmula:

$$P_B = \frac{Q * CTD}{3960 * e} \quad (12)$$

Dónde:

PB: Potencia de la Bomba (HP).

Q: Caudal de Bombeo o Consumo de Máximo Día (gpm).

C.T.D: Carga Total Dinámica (Pies).

e: Eficiencia de la bomba

E) Potencia del motor

Se tiene por norma usar un factor de 15% al 20% adicional para calcular los HP del motor en base a los HP de la bomba. Este factor cubre ampliamente las pérdidas mecánicas por fricción en el eje y cabezal de descarga de la bomba.

$$P_M = 1.15 * P_{B/e} \quad (13)$$

Donde:

P_B = Potencia hidráulica de la bomba (HP)

P_M = Potencia del bombeo (HP)

4.7.3 Línea de conducción

Para su dimensionamiento se consideraron los siguientes aspectos:

- Se dimensionó para la condición del consumo de máximo día al final del período de diseño (CMD=1.5 CPD, más las pérdidas).
- La tubería de descarga se seleccionó para transportar el caudal necesario y resistir las presiones altas, las cuales serán protegidas contra el golpe de ariete instalando válvulas aliviadoras de presión en la sarta de la bomba.

4.7.3.1 Diámetro de la tubería

Línea de conducción y tubería de descarga hacen referencia a la misma estructura, por tanto, el diámetro calculado en la sección 2.3.2.5A, es el mismo diámetro del que aquí se hace mención.

4.7.3.2 Velocidad

La velocidad en la línea de conducción es calculada a través de la ecuación de continuidad, que se expresa como sigue:

$$V = \frac{4 Q}{\pi D^2} \quad (14)$$

$$0.6 \text{ m/s} < V < 2 \text{ m/s}$$

Este límite es una medida para limitar los efectos de golpe de ariete que se puedan presentar.

4.7.3.3 Pérdidas

Para el cálculo hidráulico, las pérdidas por fricción se determinarán por el uso de la fórmula de Hazen-Williams, donde se despeja la gradiente hidráulica.

$$\frac{H}{L} = S = \frac{10.674 Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \quad (15)$$

Dónde:

H: Pérdida de carga en metros.

L: Longitud en metros.

S: Pérdida de carga en m/m.

Q: CMD en m³/s.

D: Diámetro en metros.

C: Coeficiente de Hazen-Williams, en dependencia del tipo de tubería.

La línea gradiente hidráulica debe estar siempre por encima del terreno. En los puntos críticos se puede optar por cambiar el diámetro para mejorar la pendiente.

4.7.3.4 Golpe de ariete

Cuando se cierra bruscamente una válvula o un grifo instalado en el extremo de una tubería de cierta longitud, las partículas de fluido que se han detenido son empujadas por las que vienen inmediatamente detrás y que siguen aún en movimiento. Esto origina una sobrepresión que se desplaza por la tubería a una velocidad que puede superar la velocidad del sonido en el fluido. Esta sobrepresión tiene dos efectos: comprime ligeramente el fluido, reduciendo su volumen, y dilata ligeramente la tubería. Cuando todo el fluido que circulaba en la tubería se ha detenido, cesa el impulso que la comprimía y, por tanto, ésta tiende a expandirse. Por otro lado, la tubería que se había ensanchado ligeramente tiende a retomar su dimensión normal. Conjuntamente, estos efectos provocan otra onda de presión en el sentido contrario. El fluido se desplaza en dirección contraria, pero, al estar la válvula cerrada, se produce una depresión con respecto a la presión normal de la tubería. Al reducirse la presión, el fluido puede pasar a estado gaseoso formando una burbuja mientras que la tubería se contrae. Al alcanzar el otro

extremo de la tubería, si la onda no se ve disipada, por ejemplo, en un depósito a presión atmosférica, se reflejará siendo mitigada progresivamente por la propia resistencia a la compresión del fluido y a la dilatación de la tubería.

Para el cálculo de la sobrepresión ejercida en la tubería se utilizó la siguiente fórmula:

$$\Delta H = \frac{C \cdot V}{g} \quad (16)$$

Dónde:

ΔH : sobrepresión (m).

V: velocidad media del agua (m/s).

C: Celeridad (m/s).

g: aceleración de la gravedad (m/s²).

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + k \frac{D}{e}}} \quad (17)$$

Dónde:

C: Celeridad o velocidad de la onda de compresión o de succión (m/s).

D: Diámetro de la tubería (m).

e: Espesor de los tubos (m).

k: Coeficiente que tiene en cuenta los módulos de elasticidad (adimensional).

$$k = \frac{10^{10}}{E} \quad (18)$$

Donde

E: Módulo de elasticidad del material del tubo.

Tabla 3. Valores de k para diferentes materiales de tubería.

Material	K
Acero	0.5
Hierro Fundido	1
Plástico	18

Fuente: López, R. A. (1999). Diseño de acueductos y alcantarillados. Segunda edición. Bogotá, Colombia: Editorial Alfa y Omega.

La presión total en la tubería se calculó por medio de la siguiente fórmula:

$$PT = \Delta H + CED \quad (19)$$

4.7.4 Almacenamiento

Los sistemas de almacenamiento tienen como función suministrar agua para consumo humano a las redes de distribución, con las presiones de servicio adecuadas y en cantidad necesaria que permita compensar las variaciones de la demanda. Asimismo, deberán contar con un volumen adicional para suministro en casos de emergencia como incendio, suspensión temporal de la fuente de abastecimiento y/o paralización parcial de la planta de tratamiento.

Para capacidades medianas y pequeñas, como es el caso de los proyectos de abastecimiento de agua potable en poblaciones rurales, resulta tradicional y económica la construcción de un reservorio apoyado de forma cuadrada o circular cuando el terreno presenta zonas altas y seguras.

4.7.4.1 Capacidad

Según lo establecido en la sección 8.2, de las Normas Técnicas de Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en el Medio Rural, La capacidad del tanque de almacenamiento deberá de satisfacer las condiciones siguientes:

A) Volumen compensador:

El volumen necesario para compensar las variaciones horarias del consumo se estimará en 15% del consumo promedio diario.

B) Volumen de reserva

El volumen de reserva para atender eventualidades en caso de emergencia, reparaciones en línea de conducción u obras de captación, se estimará igual al 20% del consumo promedio diario.

De tal manera que la capacidad del tanque de almacenamiento se estimara igual al 35% del Consumo Promedio Diario.

$$Vol. = 35\% CPDT \quad (20)$$

4.7.4.2 Altura del depósito

La altura del tanque será calculada mediante la fórmula:

$$h = \sqrt[3]{4 * Q / \pi} \quad (21)$$

Suponiendo que la altura de rebose del tanque será igual al diámetro.

Donde

h: Altura en m.

Vol: Volumen del tanque en m³

La base del tanque puede ser calculada considerando una sección circular, a través de la ecuación:

$$d = \sqrt{\frac{4 * V * h}{\pi}} \quad (22)$$

4.7.4.3 Accesorios para tanques

Tubería de entrada: El diámetro está definido por la tubería de conducción, debiendo estar provista de una válvula compuerta de igual diámetro antes de la entrada.

Tubería de salida: El diámetro de la tubería de salida será el correspondiente al diámetro de la línea de aducción, y debe estar provista de una válvula compuerta que permita regular el abastecimiento de agua a la población.

Tubería de limpieza: La tubería de limpia debe tener un diámetro tal que facilite la limpieza del reservorio de almacenamiento en un periodo no mayor de 2 horas. Esta tubería será provista de una válvula compuerta.

Tubería de rebose: La tubería de rebose se conecta con descarga libre a la tubería de limpia y sin ser provista de válvula de compuerta, permitiendo la descarga de agua en cualquier momento.

Respiradero: Evita la acumulación de aire en el tanque así, facilita la ventilación del tanque.

4.8 Tratamiento y desinfección

La desinfección se aplica con el propósito de establecer una barrera de seguridad para evitar la difusión de enfermedades relacionadas con el agua. Con los resultados obtenidos de los análisis físicos-químicos, bacteriológicos y demás; se determina si la desinfección será un tratamiento suficiente para garantizar la pureza del agua y eliminar los gérmenes totales y coliformes totales. En sistemas donde la calidad física-química del agua es satisfactoria la desinfección muchas veces es el único tratamiento previsto.

Se ha reconocido ampliamente la cloración del agua potable como uno de los avances más significativos en la protección de la salud pública. La filtración y la cloración prácticamente han eliminado las enfermedades transmitidas por el agua como el cólera, la tifoidea, la disentería y la hepatitis A, en los países desarrollados. Los desinfectantes basados en cloro son los únicos con las propiedades residuales duraderas que previenen un nuevo crecimiento microbiano y proporcionan protección continua durante todo el proceso de distribución.

El cloro se presenta puro en forma líquida o compuesta, como hipoclorito de Calcio, el cual se obtiene en forma de polvo blanco y en pastillas, o como hipoclorito de Sodio de configuración líquida. Cuando se usa hipoclorito de Calcio, la concentración de la solución debe estar entre 1% y 3% de cloro disponible para impedir la formación excesiva de depósitos y sedimentos de Calcio. Las soluciones de hipoclorito de sodio pueden ser hasta de 10%. Las concentraciones mayores no son aconsejables porque pierden potencia rápidamente y si son muy altas se pueden cristalizar. Aunque ambas presentaciones son igualmente efectivas, generalmente en sistemas rurales se aconseja la utilización del hipoclorito de Calcio por las facilidades que ofrece en cuanto a su manipulación y aplicación.

La efectividad de una desinfección se expresa como cloro residual después de cierto tiempo de contacto, concentración que a recomendación del INAA debería

estar entre 0.2 y 0.5 mg/lit después de 30 minutos, mientras que la OMS recomienda una concentración de 0.5 mg/l de cloro libre residual. Concentraciones de cloro residual superiores causan mal sabor del agua y pueden provocar el rechazo por parte de los consumidores.

La dosis necesaria de hipoclorito de Calcio a suministrar en el tanque de almacenamiento se determina a través de la aplicación de las siguientes ecuaciones:

$$Vol. \text{ cloro (lb/día)} = 0.012 * CMD * d \quad (23)$$

CMD: Caudal Máximo Día en gpm.

d: Dosis promedio de hipoclorito de Calcio en mg/lit.

0.012: Factor de conversión de unidades.

$$Vol. \text{ hipoclorito de calcio } \left(\frac{lb}{día} \right) = \frac{Vol. \text{ Cloro}}{Concentración comercial} \quad (24)$$

$$Vol. \text{ hipoclorito de calcio } \left(\frac{gr}{día} \right) = \frac{Vol. \text{ hipoclorito calcio } \left(\frac{lb}{día} \right) * 1000}{2.2} \quad (25)$$

$$Vol. \text{ solución } \left(\frac{lt}{día} \right) = \frac{Vol. \text{ hipoclorito de calcio } \left(\frac{gr}{día} \right)}{Concentración de la solución * 100} \quad (26)$$

$$Vol. \text{ solución } \left(\frac{gl}{día} \right) = \frac{Vol. \text{ solución } \left(\frac{lt}{día} \right)}{3.785} \quad (27)$$

$$Dosificación (got/min) = Vol. \text{ solución (lt/día)} * 1000 * 13/24/60 \quad (28)$$

CAPITULO V. CALCULOS Y RESULTADOS

5.1 Estudio Socioeconómico

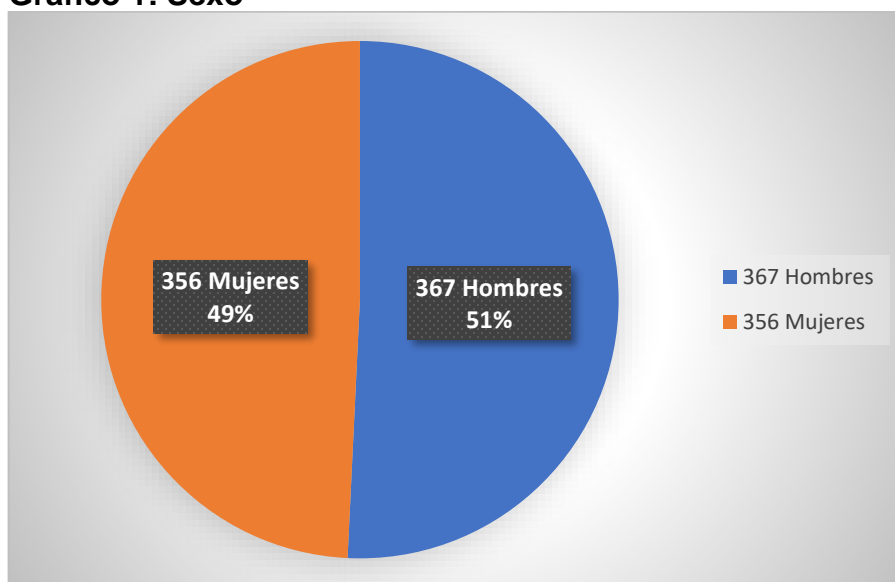
5.1.1 Población

Según datos obtenidos por la organización Amigos For Christ y comparándolos con los resultados obtenidos por el proceso de encuestado realizado, se determinó que la comunidad cuenta con una población de 723 habitantes.

5.1.1.1 Distribución de la población por edad y sexo

La distribución de géneros es bastante pareja, correspondiente a un 51% de hombres y 49% mujeres.

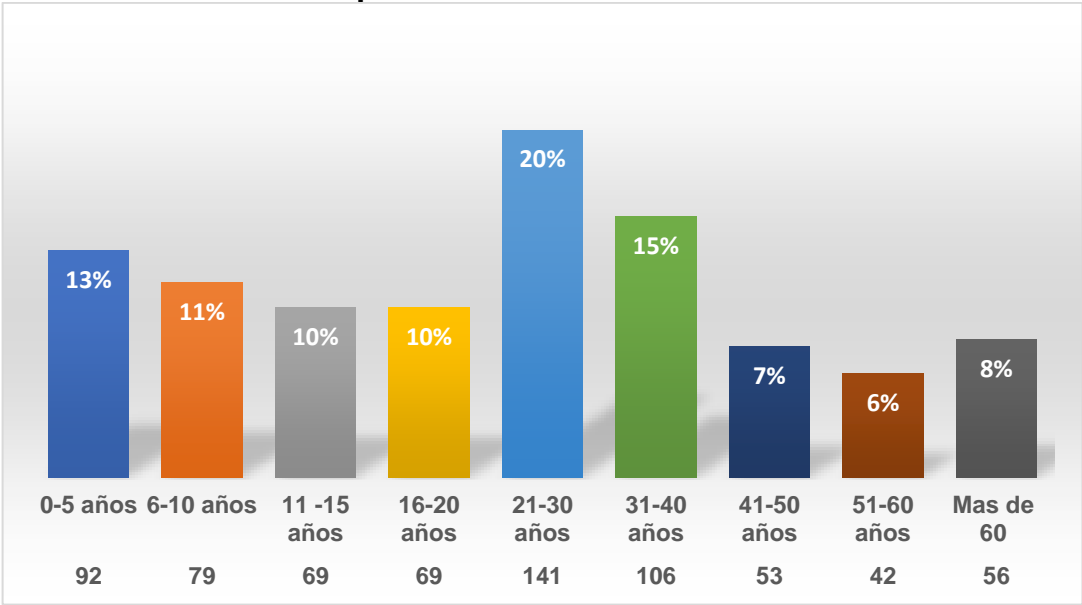
Gráfico 1: Sexo



Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la distribución por edades, se puede observar que la mayoría de la población son jóvenes entre los 21 y 30 años de edad, siguiéndole las edades entre los 31 y 40 años, por lo que se puede decir que la mayoría de la población son jóvenes y personas adultas no mayores de 40 años.

Gráfico 2: Distribución por edades

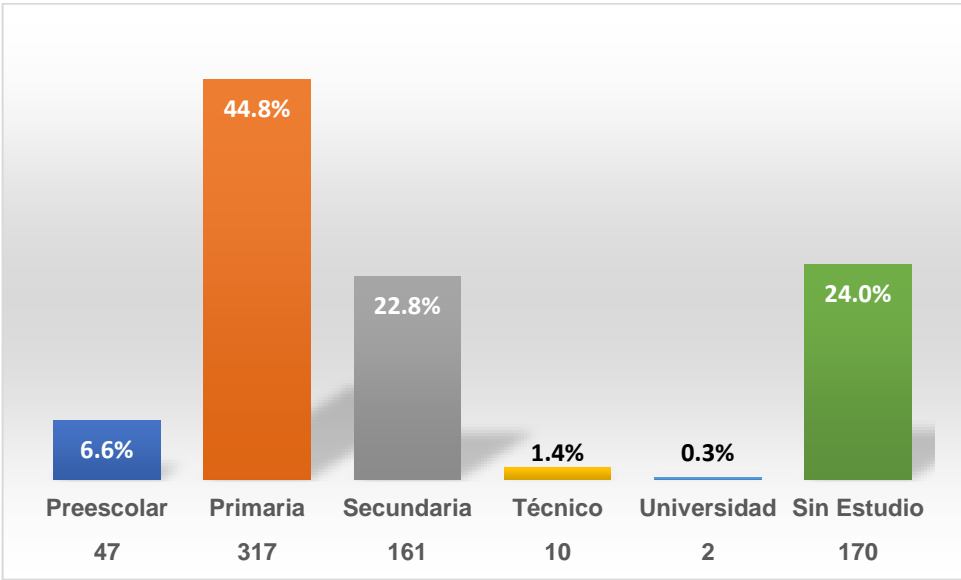


Fuente: Elaboración Propia.

5.1.2 Escolaridad

La distribución de la población por escolaridad se indica en la siguiente gráfica:

Gráfico 3: Nivel de Escolaridad



Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que la mayoría de la población cuenta con un nivel de escolaridad primaria, siguiéndole un 24% de la población que no cuenta con ningún tipo de estudios, esto debido a que la comunidad se encuentra en una zona rural en la que a la población se le dificultaba asistir a un centro escolar.

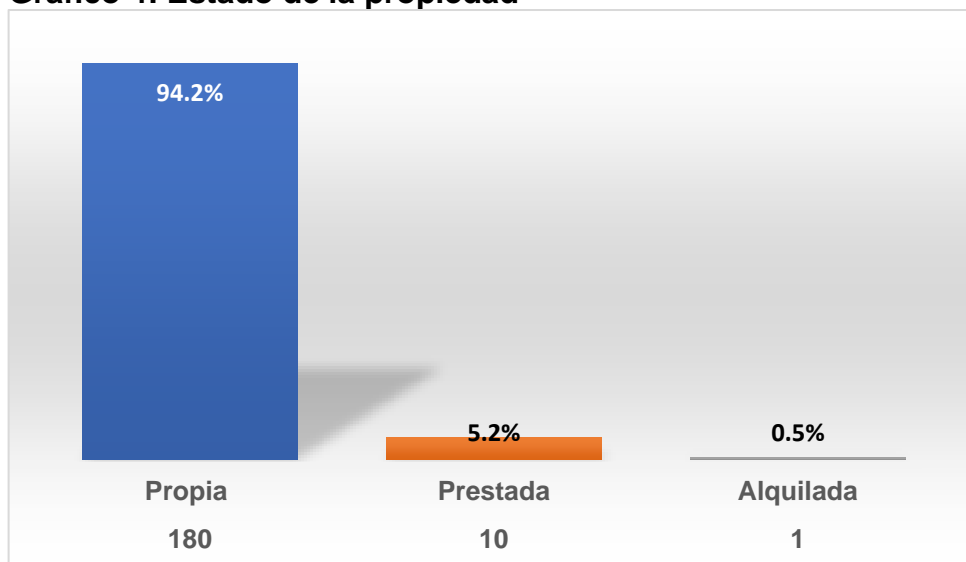
5.1.3 Situación Habitacional

La comunidad cuenta con un total de 195 viviendas, con un índice habitacional de 4 personas por viviendas. Las viviendas no se encuentran con un orden específico, están distribuidas por toda el área de la comunidad.

5.1.4 Situación de la propiedad

El proceso de encuestado reflejo que el 94.2% de las viviendas son propias, no obstante, la mayoría de las familias no poseen título de propiedad.

Gráfico 4: Estado de la propiedad



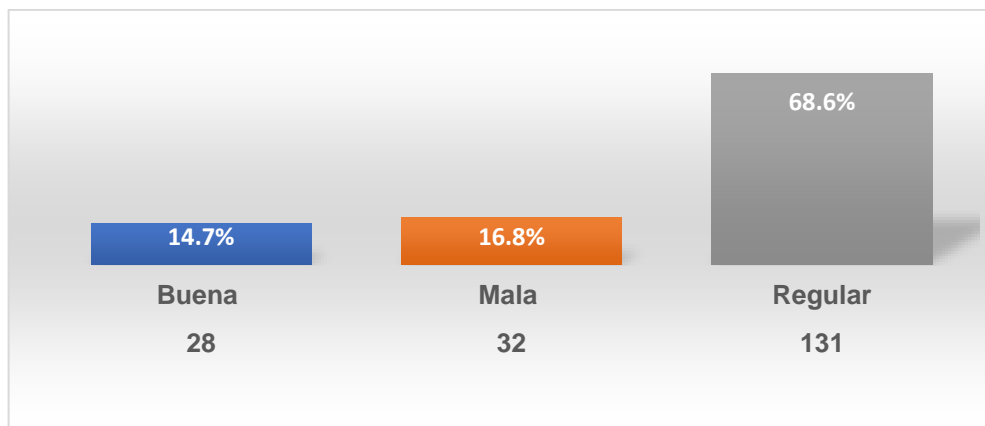
Fuente: Elaboración propia

5.1.4.1 Condiciones de la vivienda

La mayoría de las casas existentes en esta comunidad se encuentran en un estado regular, las personas han construido con materiales que se adaptan a sus posibilidades económicas. La mayoría de las casas están construidas de ladrillos, siendo el zinc y la paja los principales materiales utilizados para cubrir los techos

de las casas, teniendo la mayoría de las casas un modelo tipo rancho. Los cercos para limitar las propiedades están elaborados de palos y alambres.

Gráfico 5: Condiciones de las viviendas



Fuente: Elaboración propia.

5.1.5 Servicios públicos existentes

5.1.5.1 Educación

En la comunidad existe una escuela, donde reciben clase 91 niños, los cuales están divididos en los niveles de Preescolar, Primaria y Multigrado.

5.1.5.2 Salud

En la comunidad no existe un puesto de salud donde los habitantes puedan ir a curar sus enfermedades, por lo que las personas tienen que recurrir a remedios caseros, y en casos de enfermedades más graves asistir a un centro de salud u hospital más cercano.

5.1.5.3 Agua potable

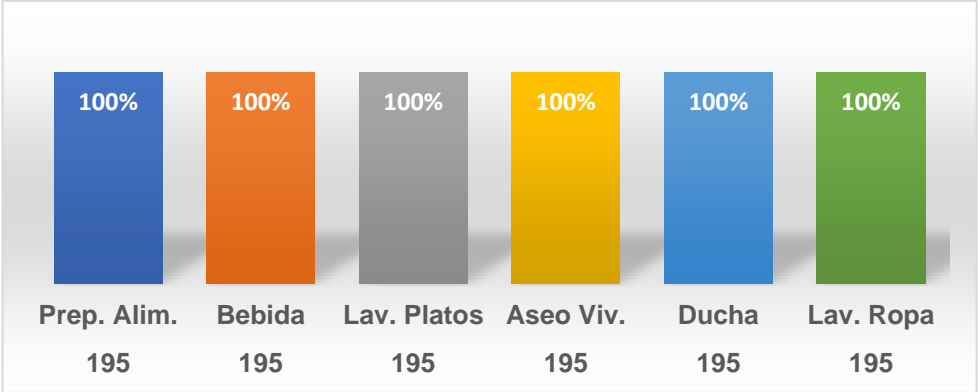
En la actualidad la comunidad no cuenta con un sistema de Distribución de Agua Potable, las familias se abastecen de agua potable por medio de pozos excavados a mano, en la que la mayoría de las familias poseen un pozo y las familias que

todavía no cuentan con dicho pozo se abastecen por medio del pozo de algún familiar o vecino.

5.1.5.3.1 Uso doméstico del agua

El 100% de la población utiliza el agua extraída del pozo para sus diversas actividades domésticas.

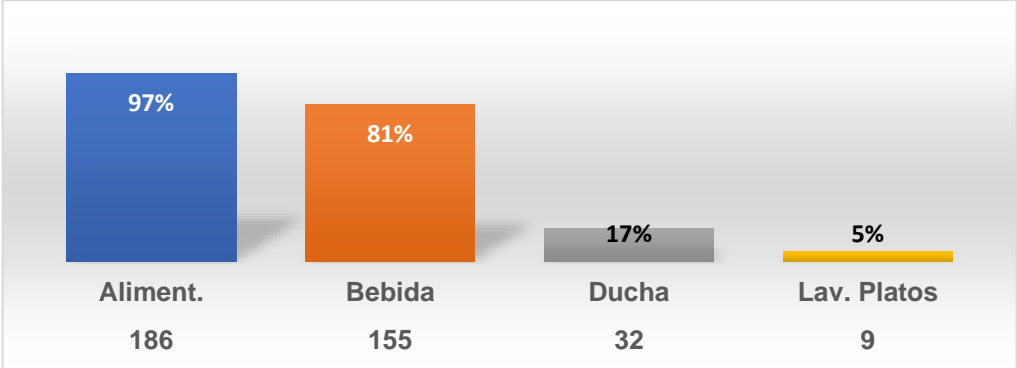
Gráfico 6: Uso doméstico del agua



Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, las mismas familias, en situaciones de escases de agua, dan prioridades a ciertas actividades domésticas, reflejadas en la gráfica 7, donde cada familia pudo escoger las dos principales actividades que realiza con el agua durante escases, obteniendo los siguientes resultados:

Gráfico 7: Prioridad del Agua en Escases

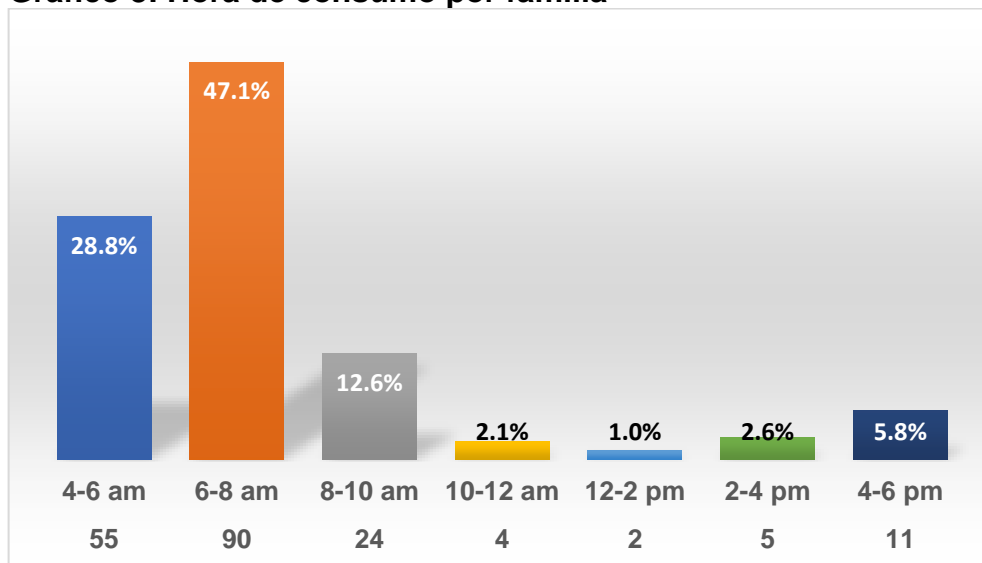


Fuente: Elaboración propia

5.1.5.3.2 Horas de máximo consumo

El proceso de encuestado reflejo que las horas de mayor consumo se concentran entre las 6 y 8 de la mañana, esto debida a que las personas tienen que ir a trabajar y dejan recogida el agua que van a ocupar durante el día. La grafica 8 muestra con mayor detalle las horas de consumo.

Gráfico 8: Hora de consumo por familia



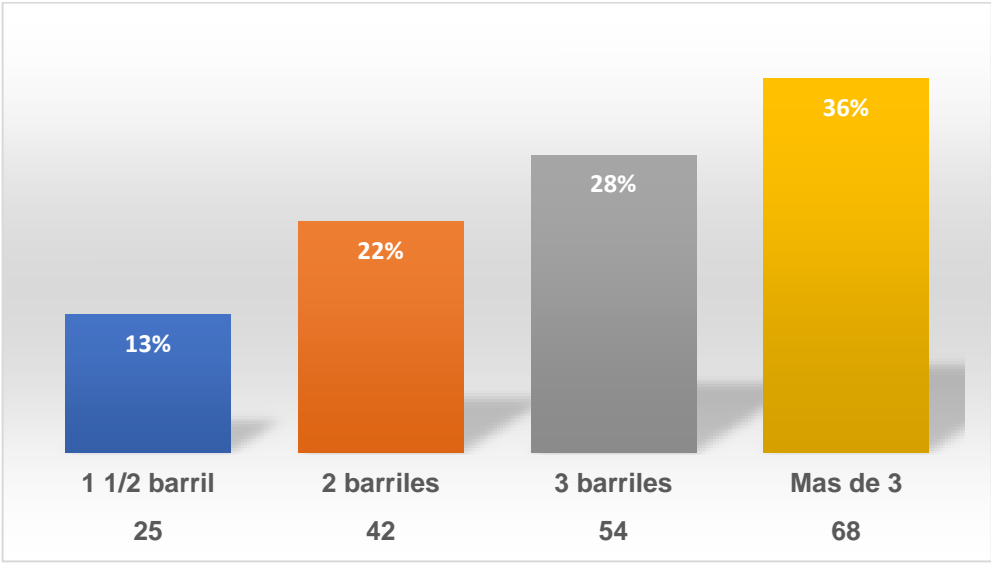
Fuente: Elaboración propia

También se observa que las siguientes horas de mayor consumo son entre las 4 y 6 de la mañana, por lo que se deduce que, en la mañana, entre las 4 y 8 am es donde se puede presentar el mayor consumo de agua.

5.1.5.3.3 Demanda de agua para actividades domésticas

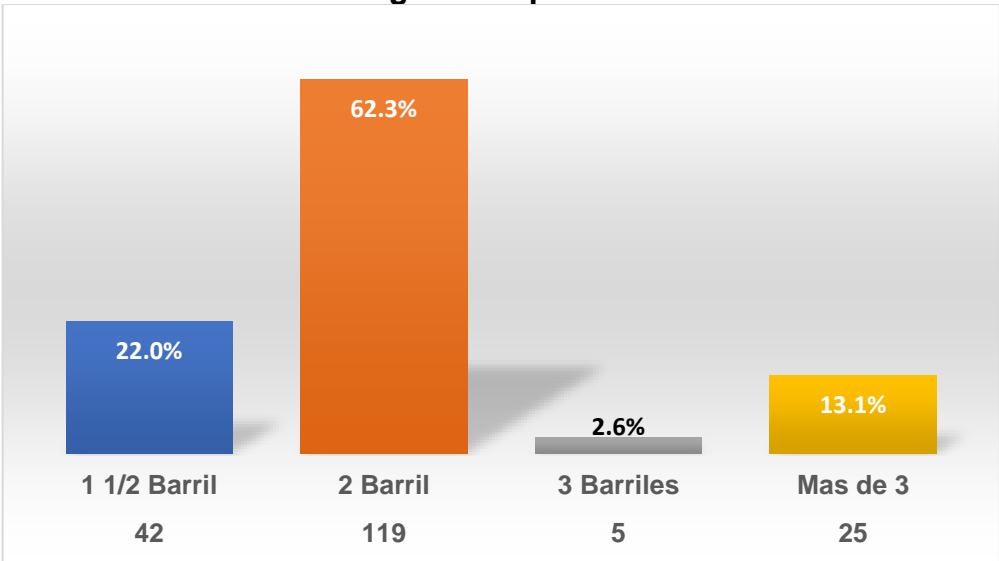
El proceso de encuestado reflejo que el 36% de la población utiliza en promedio más de 3 barriles de agua para abastecer sus necesidades, seguido de un 28% que utiliza 3 barriles al día. Siendo la cantidad utilizada, para necesidades domésticas, de 2 barriles de agua diario por familia, con un 62.3% de las familias encuestadas. Ver gráficos 9,10,11 y 12.

Gráfico 9: Uso de Agua en cada vivienda



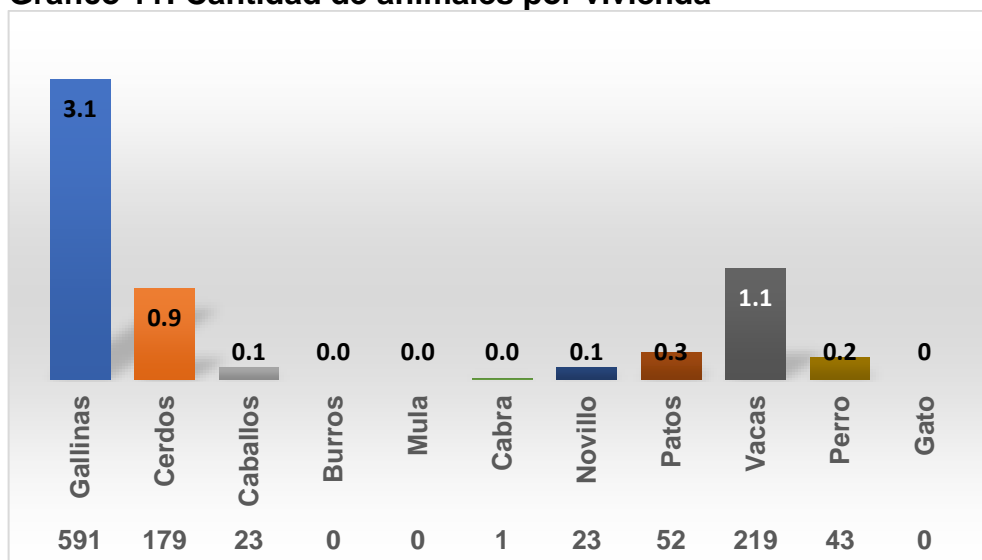
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 10: Cantidad de agua solo para uso doméstico



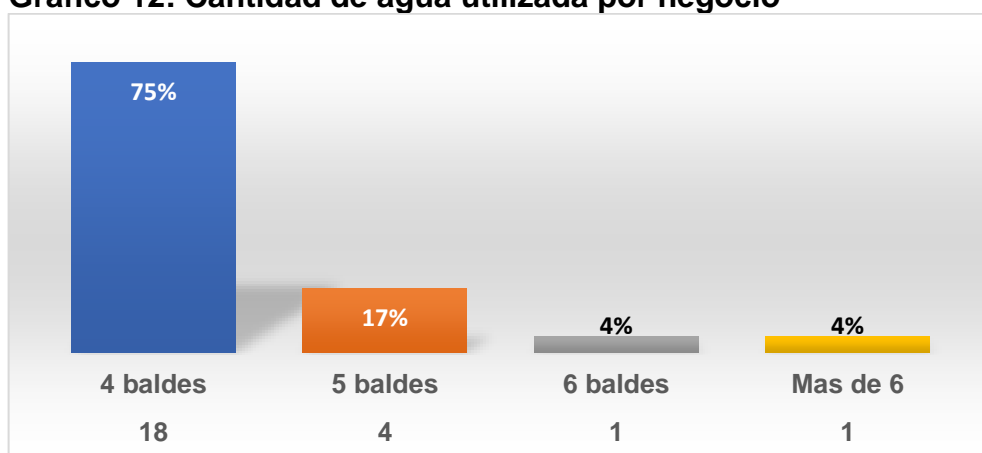
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 11: Cantidad de animales por vivienda



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 12: Cantidad de agua utilizada por negocio

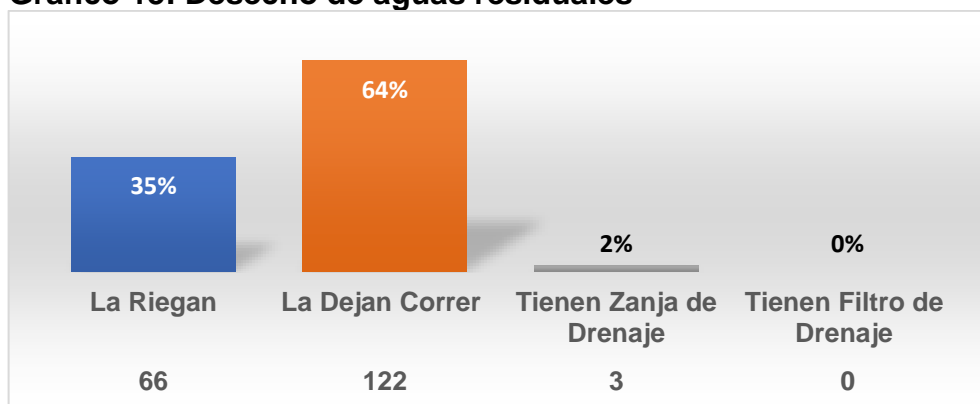


Fuente: Elaboración propia

5.1.5.4 Saneamiento

La comunidad no cuenta con un sistema de alcantarillado, por lo tanto, las aguas servidas provenientes del lavado, baño y cocina son descargadas superficialmente sobre los patios de la vivienda, lo que en muchos casos ocasiona charcas y criaderos de zancudo.

Gráfico 13: Desecho de aguas residuales

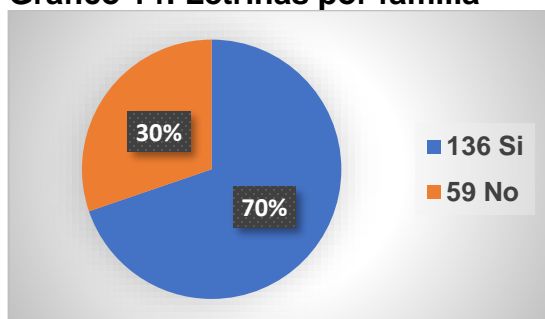


Fuente: Elaboración propia

En lo que se refiere a la creación de charcas en los patios de las viviendas, el 61% de las familias encuestadas admite que no tienen charcas, lo que conlleva a que el 39% de las personas si poseen charcas, lo que puede ocasionar malos olores, deterioro del suelo, criaderos de zancudos y una serie de enfermedades.

Por su parte el 70% de las familias poseen letrina, las familias que no tienen letrinas hacen uso de las letrinas de sus vecinos y en algunos casos, hacer sus necesidades al aire libre.

Gráfico 14: Letrinas por familia



Fuente: Elaboración propia

Las letrinas en general se encuentran en mal estado, estando construidas la mayoría de plástico, zinc y diversos materiales. La base de la letrina en la mayoría de los casos es de plancheta de concreto, dando una mayor seguridad a las letrinas.

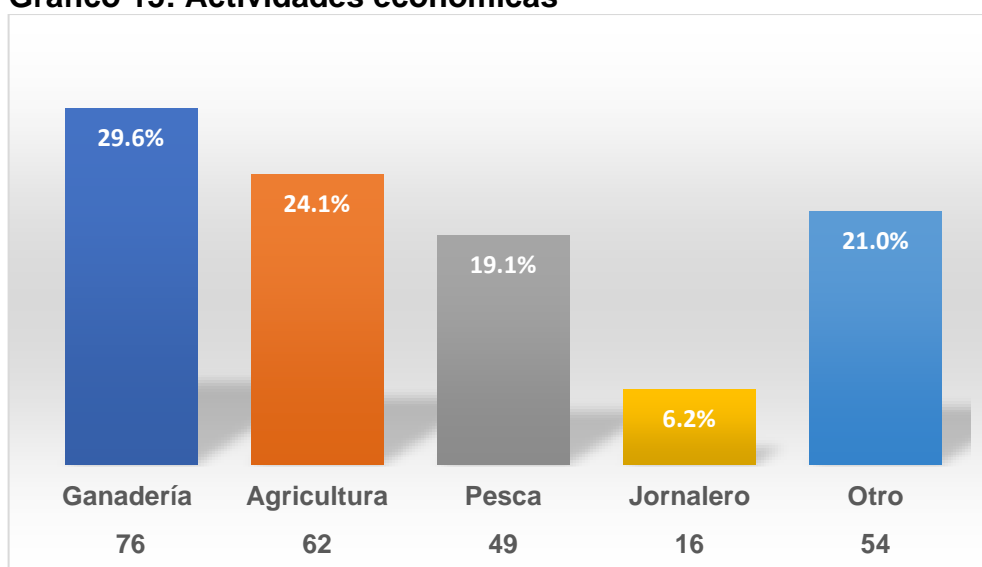
5.1.6 Situación Económica

La población económicamente activa de la comunidad es de 257 personas, lo que representa el 35% del total de la población, dando un promedio de 1.3 personas por hogar que trabajan.

5.1.6.1 Actividades económicas

Los resultados obtenidos demuestran que en la comunidad las principales actividades económicas son la ganadería y la agricultura, con un 29.6% y 24.1% respectivamente.

Gráfico 15: Actividades económicas



Fuente: Elaboración propia

A pesar de que no todas las familias que cultivan se dedican por completo a la agricultura, el 81% realizan algún tipo de cultivo, el cual ayuda al sustento de los hogares. El maíz es el principal cultivo que realizan en la comunidad.

Gráfico 16: Cultivos realizados en la comunidad



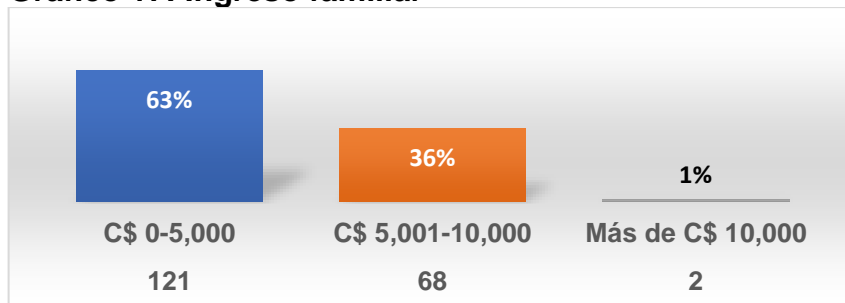
Fuente: Elaboración Propia.

Los otros cultivos que realizan las familias son: yuca, caña de azúcar, hortalizas entre otros.

5.1.6.2 Ingreso familiar

Se realizó una valoración del estado financiero de cada familia de la comunidad, siendo los resultados los siguientes:

Gráfico 17: Ingreso familiar



Fuente: Elaboración propia

La mayoría de las familias tienen ingresos inferiores a los C\$ 5000.00 mensuales, limitando el estilo de vida de cada familia. Muchas de las familias subsisten de lo que cosechan y de los animales de crianza que poseen.

5.2 Estudio de la población

5.2.1 Población de diseño

5.2.1.1 Tasa de crecimiento

Según cifras obtenidas, por medio de los censos poblacionales, en la página del Instituto Nacional de Información para el Desarrollo (INIDE), en el año 1995 la comunidad de El Viejo contaba con una población de 69,055 habitantes; para el año 2005 el número de habitantes era de 76,775. Gracias a estos datos se puede calcular la tasa de crecimiento para este municipio, la cual es de 1.1%. Dado que las normas de INAA establecen una tasa de crecimiento poblacional desde 2.5% hasta 4%, se utilizó una tasa de crecimiento del 2.5%.

5.2.1.2 Proyección de la población

P_0 = 723 habitantes, para el año 2018.

r = 2.5%

n = 20 años

Aplicando la fórmula (1), de la sección 2.2.1.1; la población futura para el año 2039 es de 1,214 habitantes.

Tabla 4: Proyección de la Población.

Año	r	n	P₀	P_n
2019	2.5	1	723	741
2023	2.5	5	723	818
2028	2.5	10	723	926
2033	2.5	15	723	1047

Año	r	n	Po	Pn
2038	2.5	20	723	1185
2039	2.5	21	723	1214

Fuente: Elaboración Propia.

5.3 Consumos de Agua

5.3.1 Dotación

5.3.1.1 Dotación de tipo doméstica

Si se considera un consumo promedio de 8 baldes de agua por familia, tomando en cuenta que este solo sería consumo de uso doméstico, se obtiene el siguiente consumo aproximado:

Consumo por familia por día= 12 baldes * 6 galones/balde = 72 galones

Consumo por persona= 72 galones/ 4 personas= 18 galones = 68 litros/per*día

5.3.1.2 Dotaciones de consumos especiales

- **Demanda de agua de los animales**

Considerando que el 32% de las familias posee ganado (caballos, vaca, burros, etc.) y estos promedian casi 2 animales por familia, se podría considerar un consumo adicional para el sistema de abastecimiento, pero tomando en cuenta que el 100% de las familias que poseen ganado, tienen en sus propiedades un pozo, se consideró que el consumo de agua por ganado no generaría una mayor cantidad de agua utilizada, ya que el agua utilizada para el ganado, se obtendría de los pozos artesanales existentes.

De igual forma la cantidad de animales domésticos (perros, gatos, cerdos, gallinas) no excede a 5 por familia, por lo que estos animales no se consideran un gasto extra en la cantidad de agua requerida.

- **Demanda de agua de comercios a pequeña escala**

Generalmente estos negocios se limitan a pulperías, ferreterías, talleres de mecánica, por tanto, resulta necesario identificar la demanda de agua para estas actividades.

Durante la visita de campo se constató que el comercio local es escaso, los negocios se limitan a pequeñas pulperías, venta de almuerzos, acopio y venta de frutas, las que consumen (según la encuesta realizada) un promedio de 4.5 baldes de agua al día, para suplir sus necesidades y que la gente que atiende los negocios son los mismos que viven en la casa del negocio. Reflejando esto que el comercio no juega un rol significativo en esta comunidad, por lo tanto, el consumo de agua para estas actividades es poco relevante, por lo que no se puede considerar un consumo adicional de agua.

5.3.1.3 Dotación de agua para el sistema propuesto

Aunque existe una escuela y un centro de salud, no se consideró una dotación de tipo institucional, ya que el poco consumo que pudiera existir es de los mismos pobladores de la comunidad y se considera dentro del consumo doméstico. Tampoco se consideró una dotación adicional por puesto público ya que se consideró el 100 % de la población conectada.

El sistema propuesto servirá a la población a través de conexiones domiciliarias. La norma establece que “Para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliarias de patio, se asigna un caudal de 50 a 60 lppd”, en la norma urbana, para núcleos poblacionales de hasta 5000 habitantes, se proyecta una dotación de 75 lppd. El sistema fue diseñado para una dotación de 75 lppd, para considerar cualquier volumen de agua no considerado, también se considera que, al tener una conexión en cada casa, las personas tienden a ocupar más agua de la requerida, por ese motivo se consideró la dotación mayor a la norma.

5.3.2 Estimación del Caudal de Diseño

En las normas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable en zona rural, se establece que el factor por pérdidas de agua en el sistema no deberá ser mayor de 20%. Para este caso se fijó este factor en 20%.

5.3.2.1 Cálculo del consumo promedio diario total

Para este cálculo se utilizó la fórmula 4, de la sección 2.2.3.2, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 5: Consumo Promedio Diario Total.

Año	Población	Dotación		CPD		Hf	CPDT
		Gppd	lppd	Gpd	lps	lps	lps
2019	741	20	75	14821.5	0.64	0.129	0.772
2020	760	20	75	15192.04	0.66	0.132	0.791
2021	779	20	75	15571.84	0.68	0.135	0.811
2022	798	20	75	15961.13	0.69	0.139	0.831
2023	818	20	75	16360.16	0.71	0.142	0.852
2024	838	20	75	16769.17	0.73	0.146	0.873
2025	859	20	75	17188.4	0.75	0.149	0.895
2026	881	20	75	17618.11	0.76	0.153	0.918
2027	903	20	75	18058.56	0.78	0.157	0.941
2028	926	20	75	18510.02	0.80	0.161	0.964
2029	949	20	75	18972.77	0.82	0.165	0.988
2030	972	20	75	19447.09	0.84	0.169	1.013
2031	997	20	75	19933.27	0.87	0.173	1.038
2032	1022	20	75	20431.6	0.89	0.177	1.064
2033	1047	20	75	20942.39	0.91	0.182	1.091
2034	1073	20	75	21465.95	0.93	0.186	1.118
2035	1100	20	75	22002.6	0.95	0.191	1.146
2036	1128	20	75	22552.67	0.98	0.196	1.175
2037	1156	20	75	23116.48	1.00	0.201	1.204
2038	1185	20	75	23694.39	1.03	0.206	1.234
2039	1214	20	75	24286.75	1.05	0.211	1.265

Fuente: Elaboración Propia.

5.3.2.2 Variaciones de caudales

En la tabla 6, se calcularon las variaciones de caudal, de Consumo de máximo día (CMD) y el de Consumo de máxima hora (CMH).

Tabla 6: Variaciones de caudal.

Año	Población	CPD	Hf	CMD	CMH
		l/s	l/s	l/s	l/s
2019	741	0.64	0.129	1.09	1.74
2020	760	0.66	0.132	1.12	1.78
2021	779	0.68	0.135	1.15	1.82
2022	798	0.69	0.139	1.18	1.87
2023	818	0.71	0.142	1.21	1.92
2024	838	0.73	0.146	1.24	1.97
2025	859	0.75	0.149	1.27	2.01
2026	881	0.76	0.153	1.30	2.06
2027	903	0.78	0.157	1.33	2.12
2028	926	0.80	0.161	1.37	2.17
2029	949	0.82	0.165	1.40	2.22
2030	972	0.84	0.169	1.43	2.28
2031	997	0.87	0.173	1.47	2.34
2032	1022	0.89	0.177	1.51	2.39
2033	1047	0.91	0.182	1.55	2.45
2034	1073	0.93	0.186	1.58	2.52
2035	1100	0.95	0.191	1.62	2.58
2036	1128	0.98	0.196	1.66	2.64
2037	1156	1.00	0.201	1.71	2.71
2038	1185	1.03	0.206	1.75	2.78
2039	1214	1.05	0.211	1.79	2.85

Fuente: Elaboración Propia.

El caudal máximo por día es de 1.79 l/s (28.37 gpm) para el año 2039, por lo que en este caso el caudal con el cual se diseñó la bomba fue de 1.89 l/s (30 gpm) y con el caudal de máxima hora de 2.85 l/s se diseñó la red.

5.4 Fuente de Abastecimiento y estación de bombeo

5.4.1 Información general de la fuente

De acuerdo con la información obtenida, por medio del estudio realizado, de la organización Amigos For Christ, las características del pozo son las presentadas en tabla 7:

Tabla 7: Información de la Fuente.

Concepto	Resultado	Unidad de Medida
Capacidad de la bomba	30	gpm
Profundidad Nominal	150	ft
Diámetro de Perforación	12	Pulg.
Diámetro de Revestimiento	6	Pulg.
Rejilla Tipo Puente A/B	1/8	Pulg.
Empaque de Grava	3	M ³
Tubo Piezométrico	150	ft
Tubo de Engrave 2"	35	ft

Fuente: Amigos For Christ.

El caudal de bombeo de 1.89 l/s (30 gpm) y teniendo en cuenta que el rendimiento del pozo es de 55 gpm, este presenta el potencial suficiente para abastecer la demanda del sistema propuesto.

5.4.2 Equipo de Bombeo

Se diseñó un solo equipo de bombeo, calculado para el caudal de diseño de 20 años, el equipo deberá ser reemplazado luego de los primeros 10 años, por un equipo igual al propuesto en los siguientes cálculos de la tabla 8.

Tabla 8: Resultados de la Prueba de Bombeo.

Descripción	Valor	Unidades
Nivel Estático del Agua (NEA)	40	pies
Rebajamiento	70	pies
Nivel de Bombeo	110	pies
Sumergencia	20	pies
Caudal de Diseño	1.89	l/s
Nivel de Terreno del Pozo	18	m
Nivel de Terreno del Tanque	61	m

Fuente: Amigos For Christ.

5.4.2.1 Diámetro de la succión

Según Normas del INAA, para caudales menores de 50 gpm el diámetro deberá ser de 3" (76.2 mm).

5.4.2.2 Carga total dinámica y potencia del motor

a) Carga total dinámica

$$CTD = NB + CED + hf_{columna} + hf_{descarga}$$

- **Nivel de Bombeo**

$$NB = 33.52 \text{ m}$$

- **Carga Estática de la Descarga**

$$CED = \text{Niv. Rebose tanque} - \text{Niv. Terreno pozo}$$

$$CED = (61.00 + 2.1 + 0.2) - 18 = 45.30 \text{ m}$$

- **Pérdidas en la Columna dentro del Pozo**

La NTON 09001-99, en la sección 6.4.1, establece que las pérdidas por fricción en la columna de bombeo se consideraron no mayor al 5% de su longitud.

$$hf_{columna} = 10.674 \left(\frac{0.00189}{150} \right)^{1.852} \frac{33.52}{0.062^{4.87}}$$

$$hf_{columna} = 0.23 \text{ m}$$

$$5\% L_{suc} = 5\% (NB + Sumergencia)$$

$$L_{suc} = 33.524 + 6.096 = 39.62 \text{ m}$$

$$5\% (39.62) = 1.981 \text{ m.}$$

0.23 m < 1.981 m (O.K. Se cumple la condición de la norma)

$$CTD = NB + CED + hf_{\text{columna}} + hf_{\text{descarga}}$$

$$CTD = 33.524 + 45.30 + 0.23 + hf_{\text{descarga}}$$

$$CTD = 79.054 + hf_{\text{descarga}}$$

b) Potencia hidráulica de la bomba.

Aplicando la fórmula 13, se tienen los siguientes resultados:

$$P_B = \frac{30 \text{ gpm} * CTD \text{ ft}}{3960 * 0.75}.$$

c) Potencia del Motor

De la sección **2.3.2.5 E**, se aplicó la siguiente fórmula para calcular la potencia del motor.

Por tanto, se tiene que

$$P_M = 1.15 * P_B/e$$

En la tabla 9 se resumen las características del equipo de bombeo, para ambas alternativas

Tabla 9: Cálculo de Carga Total Dinámica

Descripción	Unidades	Alternativa 1	Alternativa2
Caudal de bombeo	gpm	30	30
Nivel de bombeo	m	33.52	33.52
Caga estática	m	45.30	45.30
Hf _{columna}	m	0.23	0.23
Hf _{descarga}	m	5.38	5.57
CTD	m	84.43	84.62
	pies	277	277.55
Potencia hidráulica de la bomba	HP	2.8	2.8
Potencia del motor	HP	3.22	3.22

Fuente: Elaboración Propia.

En ambos casos la potencia es similar, se decidió utilizar una potencia $P_M = 5.00$ HP

5.5 Línea de conducción

5.5.1 Sistema Fuente-Tanque-Red (Alternativa 1).

En este caso el sistema constará de una tubería de conducción de 780 m, la cual llevará el agua del pozo directamente al tanque de almacenamiento para luego ser distribuido a toda la comunidad por gravedad.

5.5.1.1 Diámetro de la descarga

El diámetro fue calculado de dos formas:

1) Aplicando la fórmula 7, se tiene:

$$D = 0.9 \cdot (0.001792)^{0.45} = 0.052\text{m} = 2.1 \text{ Pulg.}$$

El diámetro económico para la red da como resultado 2.1 pulg, por lo que no existe en el comercio ese diámetro, se decidió utilizar una tubería con diámetro de **2.5 pulg.**

2) Realizando el análisis Técnico-económico para los diámetros 2", 2.5" y 3", en la tabla 10 se presentan los cálculos realizados para los diferentes diámetros analizados.

Datos:

Interés: 8% (Según el Sistema Nacional de Inversiones Públicas, SNIP)

N=20 años

Costo energía (C\$, watts) = C\$7.94

Tabla 10: Diámetro económico para el período 2019-2039. Alternativa 1

Diámetro	Longitud m	Vp (PVC C\$/m)	CAT PVC C\$	Hf (ft)	CTD (ft)	Pot (Hp)	CAE	CAE Equivalente
2	780	99.15	C\$7,876.94	49.91	309.34	3.59	C\$124,299.74	C\$132,176.69
2.5	780	155.84	C\$12,380.67	17.51	277	3.22	C\$111,279.36	C\$123,660.02
3	780	212.53	C\$16,884.39	6.93	266.36	3.09	C\$107,028.27	C\$123,912.65

Fuente: Elaboración Propia

Del costo anual equivalente (CAE), se deduce que el diámetro óptimo y más económico para la línea de conducción del sistema es de 2.5”.

5.5.1.2 Diseño Hidráulico de la Línea de Conducción

➤ Velocidad

Aplicando la fórmula 15, se tiene que:

$$V = \frac{4 \cdot 0.001892 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \cdot (0.062^2) \text{ m}^2} =$$

$$V = 0.63 \text{ m/s}$$

La velocidad calculada se encuentra dentro del rango (>0.6 m/s) establecido por la norma, para limitar el efecto de golpe de ariete.

➤ Golpe de ariete

• Cálculo de la Celeridad

Considerando una línea de conducción con tubo de PVC SDR-26 de 2.5”, el espesor de este tubo es de 2.82 mm y el coeficiente k para tubos plásticos, según “López, R. A. (1999). Diseño de acueductos y alcantarillados. Segunda edición. Bogotá, Colombia: Editorial Alfa y Omega”, es de 18.

Entonces tenemos que:

$$C = \frac{9900}{\sqrt[2]{48.3 + k \frac{D}{e}}}$$

$$C = \frac{9900}{\sqrt[2]{48.3 + 18 \cdot \frac{0.062 \text{ m}}{0.00282 \text{ m}}}}$$

$$C = 469.81 \text{ m/s}$$

• Cálculo de la Sobrepresión

$$\Delta H = \frac{C \cdot V}{g}$$

$$\Delta H = \frac{469.81 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0.63 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$\Delta H = 30.17 \text{ m.}$$

- **Presión Total**

La presión máxima ejercida en las paredes de la tubería está dada por la sumatoria de la carga estática y la sobrepresión ocasionada por golpe de ariete.

$$PT = \Delta H + CED$$

$$PT = 30.17 \text{ m} + 45.30 \text{ m}$$

$$PT = 75.47 \text{ m}$$

Considerando que la presión de servicio ofrecida por la tubería PVC SDR-26 es de 112 m.c.a, se concluye que es factible usar esta denominación de tubería en la línea de conducción.

5.5.2 Sistema Fuente-Red-Tanque (Alternativa 2)

En este sistema la tubería de conducción va del pozo y se conecta al nudo N0.2 el más cercano de la red de distribución.

5.5.2.1 Diámetro de la tubería de descarga

Se utilizó un diámetro de descarga de 2.5", ya que este representa el diámetro económico y análisis hidráulico, se puede ver en el análisis de la red.

5.6 Tanque de Almacenamiento

5.6.1 Volumen del tanque

El volumen del tanque está compuesto por el volumen de reserva para atender eventualidades en caso de emergencia (20% CPD) más el volumen compensador (15% CPD).

$$\text{Vol.} = 35\% \text{ CPD}$$

$$\text{Vol.} = 35\% (0.00105 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 86400 \text{ s})$$

$$\text{Vol.} = 31.75 \text{ m}^3$$

5.6.2 Altura de rebose del tanque

La altura del rebose del tanque será propuesta de 2.1 m de altura con una altura libre de 0.4 m, para dar una altura total de tanque de 2.5 m.

Nivel de rebose del Tanque= 61+2.1=62.10 msnm.

5.6.3 Diámetro del tanque

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Vol.}{\pi \cdot h}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 31.75 \text{ m}^3}{\pi \cdot 2.1 \text{ m}}}$$

$$D = 4.38 \text{ m}$$

El tanque tendrá un diámetro de 4.5 m, con una altura hasta el nivel de rebose de 2.1 m, dando un volumen final de 33.40 m³.

5.7 Red de Distribución

5.7.1 Cálculo de los caudales en los nodos

5.7.1.1 Caudal unitario

El caudal unitario se calculó dividiendo el CMH, entre la longitud efectiva de la red. Cabe recalcar que la longitud efectiva de la red se compone únicamente de aquellas tuberías donde se considera habrá extracción de caudal, por lo cual se decidió tomar la longitud total de la tubería principal, dando un resultado de 6995.5 metros.

Considerando lo anterior, y un CMH de 2.85 l/s, se tiene que:

$$q = \frac{2.85 \text{ l/s}}{6845.46 \text{ m}} = 0.000416 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

El caudal por cada tramo de tubería, resultado de la multiplicación de la longitud de cada tramo por el caudal unitario (tabla11).

Tabla 11 Caudal por cada tramo de Tubería.

Tubería	Longitud (m)	Caudal (l/s)
L1	391	0.163
L2	403.1	0.168
L3	43.07	0.018
L4	137.4	0.057

Tubería	Longitud (m)	Caudal (l/s)
L5	197.582	0.082
L6	236.782	0.098
L7	463.8	0.193
L8	138.4	0.058
L9	315.26	0.131
L10	339.77	0.141
L11	274.62	0.114
L12	408.5	0.170
L13	327	0.136
L14	252.2	0.105
L15	245.55	0.102
L16	445.59	0.185
L17	367.1	0.153
L18	185.3	0.077
L19	374.05	0.156
L20	279.99	0.116
L21	431.2	0.179
L22	232.5	0.097
L23	355.7	0.148

Fuente: Elaboración Propia.

5.7.1.2 Caudales en los nodos de demanda

El caudal en un nodo es la suma de los caudales medios de los tramos adyacentes.

Por lo tanto, se tiene los siguientes los caudales en tabla 12.

Tabla 12. Caudales en los Nodos.

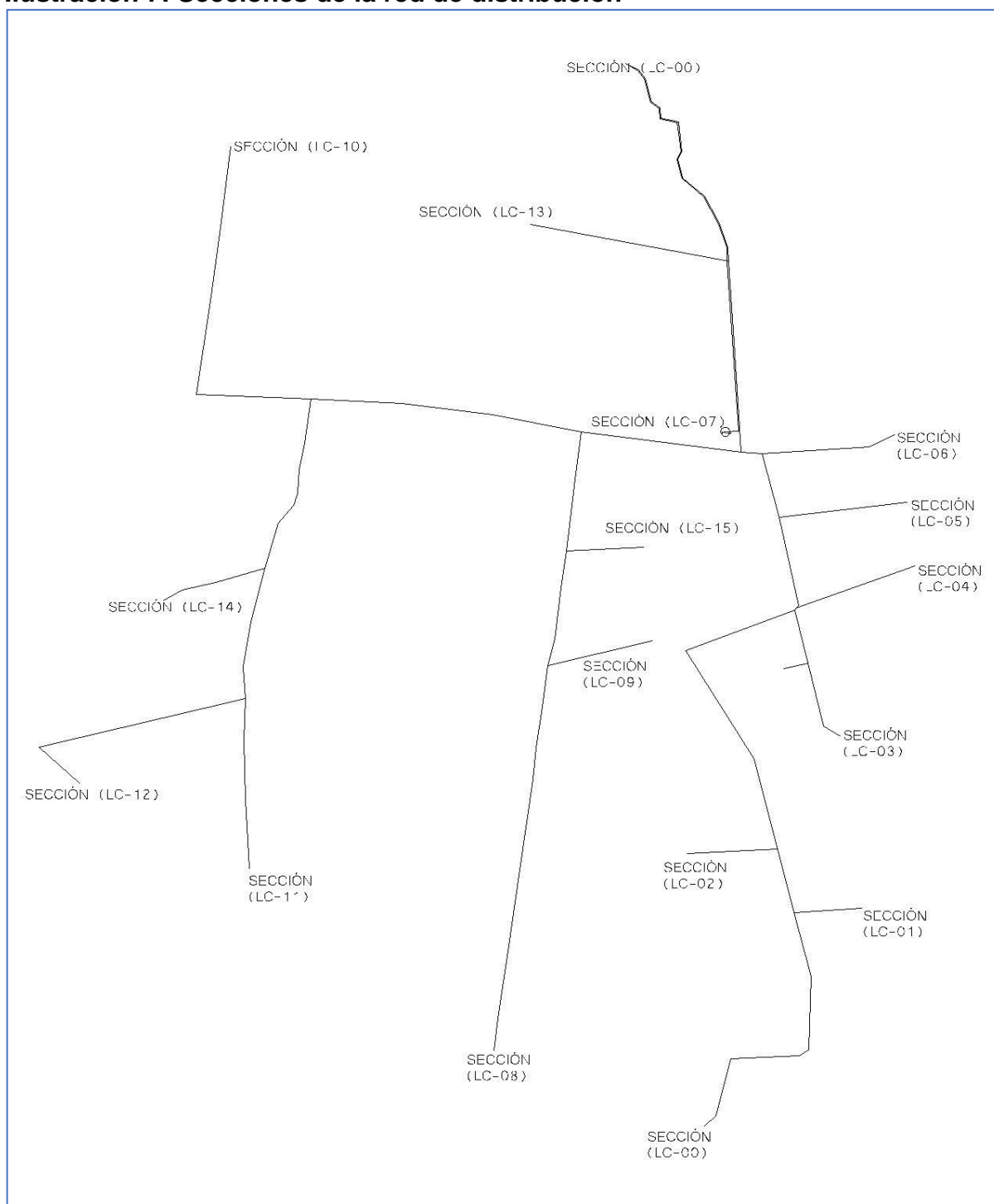
Nodo	Caudal Nodal (l/s)
N1	0.331
N2	0.192
N3	0.000
N4	0.102
N5	0.161
N6	0.146
N7	0.125
N8	0.094
N9	0.066
N10	0.071
N11	0.089
N12	0.085

Nodo	Caudal Nodal (l/s)
N13	0.197
N14	0.103
N15	0.144
N16	0.093
N17	0.115
N18	0.165
N19	0.136
N20	0.148
N21	0.090
N22	0.122
N23	0.074

Fuente: Elaboración Propia.

Para un mejor análisis de los resultados, se dividió la red en 16 secciones, las cuales se presentan a continuación en la Ilustración 7:

Ilustración 7: Secciones de la red de distribución



Fuente: AutoCAD. Elaboración Propia.

5.7.2. Análisis hidráulico de red Alternativa 1. (Fuente-Tanque-Red).

Este sistema trabajará con una línea de conducción paralela a la de la red que se conectará directamente del pozo al tanque de almacenamiento.

La imagen con el No. de nodos y No. de tramos de tuberías de la red principal se muestra a continuación en la Ilustración 8.

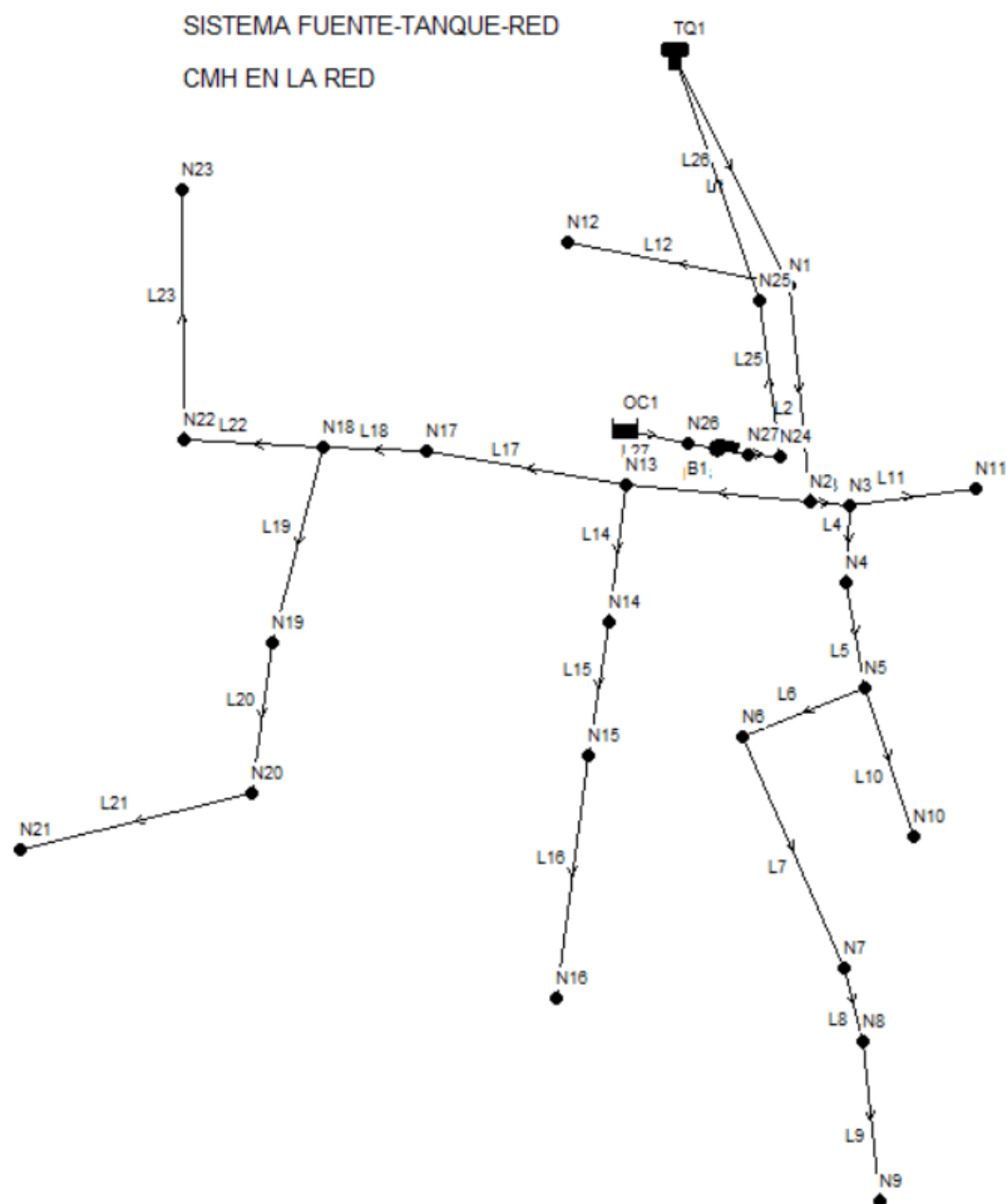
1. Primera Condición de Análisis: Bombeo de Máximo día con consumo de Máxima hora (ver ilustración 9).

Desde la fuente: 1.89 l/s

Desde el tanque: 0.96 l/s

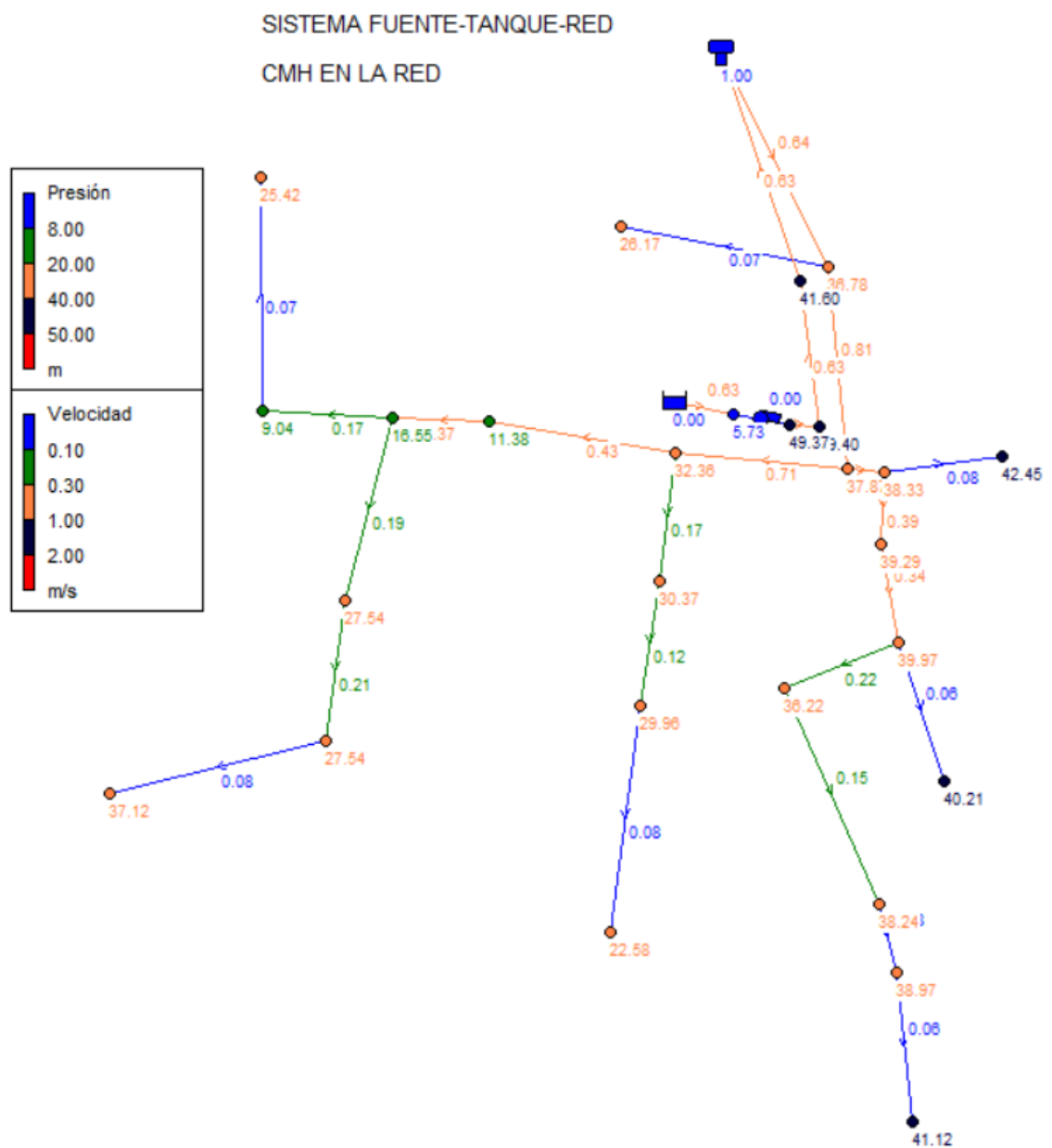
Los resultados de velocidad y presiones de este análisis se presentan en Tablas 13 y 14.

Ilustración 8: Nodos y tuberías de la red



Fuente: EPANET. Elaboración Propia.

Ilustración 9: Presiones en los nodos y velocidades en la red



Fuente: EPANET. Elaboración Propia.

**Tabla 13: Sistema Fuente-Tanque- Red. Alternativa 1. Condición de
Análisis: CMH, CMD. Presiones en los nodos.**

ID Nudo	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Conexión N1	22.95	0.331	59.73	36.78
Conexión N2	17.45	0.192	55.32	37.87
Conexión N3	16.8	0	55.13	38.33
Conexión N4	15.33	0.102	54.62	39.29
Conexión N5	14.1	0.161	54.07	39.97
Conexión N6	17.55	0.146	53.77	36.22
Conexión N7	15.25	0.125	53.49	38.24
Conexión N8	14.5	0.094	53.47	38.97
Conexión N9	12.3	0.066	53.42	41.12
Conexión N10	13.8	0.071	54.01	40.21
Conexión N11	12.6	0.089	55.05	42.45
Conexión N12	33.46	0.085	59.63	26.17
Conexión N13	19.35	0.197	51.71	32.36
Conexión N14	21.14	0.103	51.51	30.37
Conexión N15	21.45	0.144	51.41	29.96
Conexión N16	28.7	0.093	51.28	22.58
Conexión N17	38.7	0.115	50.08	11.38
Conexión N18	32.9	0.165	49.45	16.55
Conexión N19	21.55	0.136	49.09	27.54
Conexión N20	21.1	0.148	48.64	27.54
Conexión N21	11.4	0.090	48.52	37.12
Conexión N22	40.15	0.122	49.19	9.04
Conexión N23	23.7	0.074	49.12	25.42
Conexión N24	17.7	0	67.10	49.40
Conexión N25	22.95	0	64.55	41.60
Conexión N26	-21.62	0	-15.89	5.73
Conexión N27	18	0	67.37	49.37
Embalse OC1	-15.62	No Disponible	-15.62	0.00
Depósito TQ1	61	No Disponible	62.00	1.00

Fuente: EPANET. Elaboración Propia

**Tabla 14: Sistema Fuente-Tanque- Red. Alternativa 1. Condición de
Análisis: CMH, CMD. Velocidades en las tuberías.**

ID Línea	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
	m	mm	LPS	m/s	m/km
Tubería L1	391	75	2.85	0.64	5.80
Tubería L2	403.1	62	2.43	0.81	10.95
Tubería L3	43.07	50	0.85	0.43	4.49
Tubería L4	137.4	50	0.77	0.39	3.66
Tubería L5	197.582	50	0.66	0.34	2.81
Tubería L6	236.782	50	0.43	0.22	1.27
Tubería L7	463.8	50	0.28	0.15	0.59
Tubería L8	138.4	50	0.16	0.08	0.20
Tubería L9	315.26	38	0.07	0.06	0.15
Tubería L10	339.77	38	0.07	0.06	0.17
Tubería L11	274.62	38	0.09	0.08	0.26
Tubería L12	408.5	38	0.09	0.07	0.24
Tubería L13	327	50	1.39	0.71	11.02
Tubería L14	252.2	50	0.34	0.17	0.82
Tubería L15	245.55	50	0.24	0.12	0.42
Tubería L16	445.59	38	0.09	0.08	0.28
Tubería L17	367.1	50	0.85	0.43	4.45
Tubería L18	185.3	50	0.74	0.37	3.40
Tubería L19	374.05	50	0.37	0.19	0.97
Tubería L20	279.99	38	0.24	0.21	1.60
Tubería L21	431.2	38	0.09	0.08	0.26
Tubería L22	232.5	38	0.20	0.17	1.12
Tubería L23	355.7	38	0.07	0.07	0.18
Tubería L24	40	62	1.89	0.63	6.89
Tubería L25	370	62	1.89	0.63	6.89
Tubería L26	370	62	1.89	0.63	6.89
Tubería L27	39.62	62	1.89	0.63	6.89
Bomba B1	No Disponible	No Disponible	1.89	0.00	-83.27

Fuente: EPANET. Elaboración Propia

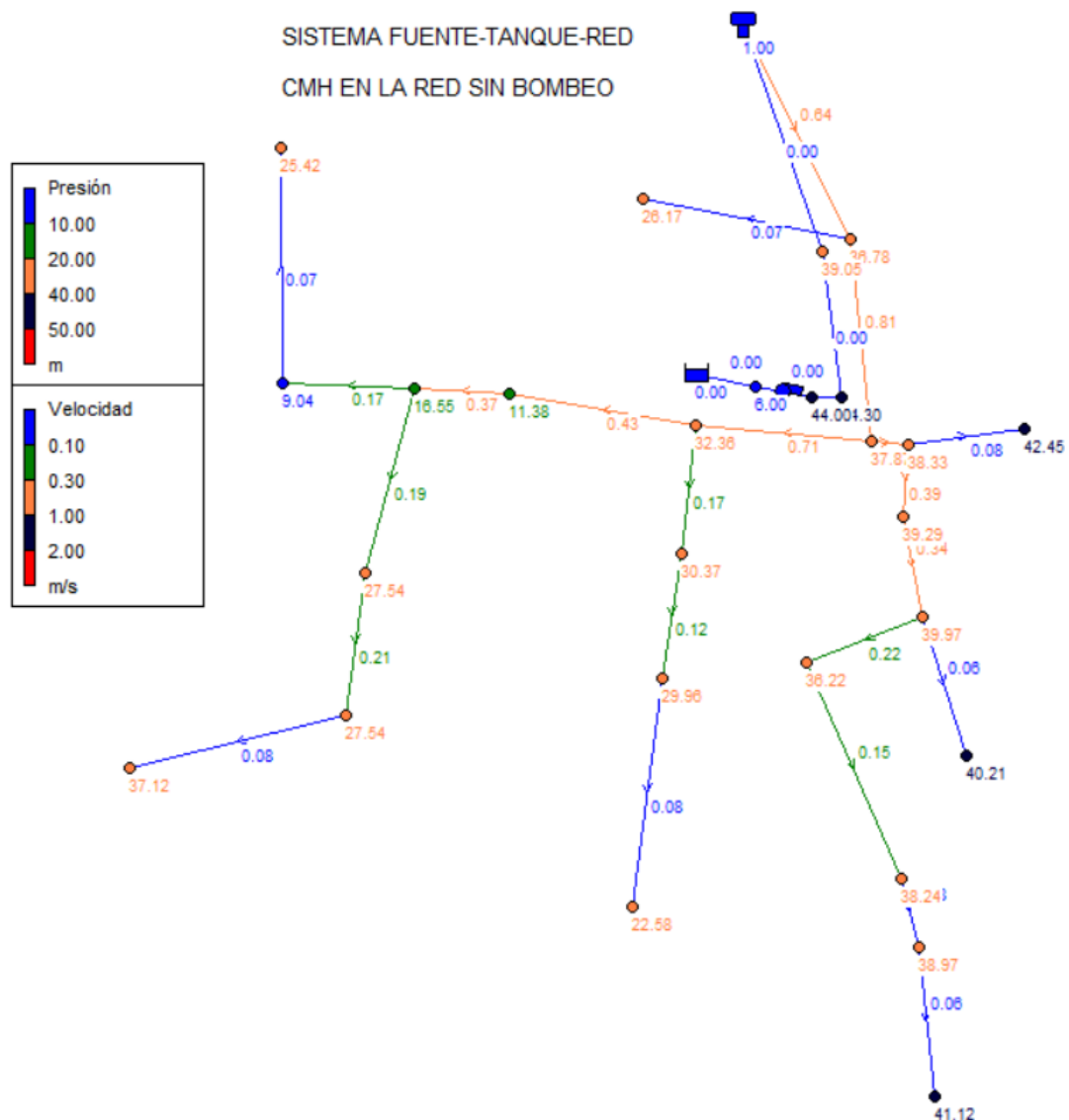
2. Segunda Condición de Análisis: Consumo de Máxima hora sin Bombeo.

Alternativa 1. (ver ilustración 10).

Desde el tanque: 2.85 l/s

Los resultados de velocidad y presiones de este análisis se presentan en Tablas 15 y 16.

Ilustración 10: Presiones en los nodos y velocidades en la red



Fuente: EPANET. Elaboración Propia.

**Tabla 15: Sistema Fuente-Tanque- Red. Alternativa 1. Condición de
Análisis: CMH sin Bombeo. Presiones en los nodos.**

ID Nudo	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Conexión N1	22.95	0.331	59.73	36.78
Conexión N2	17.45	0.192	55.32	37.87
Conexión N3	16.8	0	55.13	38.33
Conexión N4	15.33	0.102	54.62	39.29
Conexión N5	14.1	0.161	54.07	39.97
Conexión N6	17.55	0.146	53.77	36.22
Conexión N7	15.25	0.125	53.49	38.24
Conexión N8	14.5	0.094	53.47	38.97
Conexión N9	12.3	0.066	53.42	41.12
Conexión N10	13.8	0.071	54.01	40.21
Conexión N11	12.6	0.089	55.05	42.45
Conexión N12	33.46	0.085	59.63	26.17
Conexión N13	19.35	0.197	51.71	32.36
Conexión N14	21.14	0.103	51.51	30.37
Conexión N15	21.45	0.144	51.41	29.96
Conexión N16	28.7	0.093	51.28	22.58
Conexión N17	38.7	0.115	50.08	11.38
Conexión N18	32.9	0.165	49.45	16.55
Conexión N19	21.55	0.136	49.09	27.54
Conexión N20	21.1	0.148	48.64	27.54
Conexión N21	11.4	0.090	48.52	37.12
Conexión N22	40.15	0.122	49.19	9.04
Conexión N23	23.7	0.074	49.12	25.42
Conexión N24	17.7	0	62.00	44.30
Conexión N25	22.95	0	62.00	39.05
Conexión N26	-21.62	0	-15.62	6.00
Conexión N27	18	0	62.00	44.00
Embalse OC1	-15.62	No Disponible	-15.62	0.00
Depósito TQ1	61	No Disponible	62.00	1.00

Fuente: EPANET. Elaboración Propia

**Tabla 16: Sistema Fuente-Tanque-Red. Alternativa 1. Condición de Análisis:
CMH sin Bombeo. Velocidad en los tramos.**

ID Línea	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
	m	mm	LPS	m/s	m/km
Tubería L1	391	75	2.85	0.64	5.80
Tubería L2	403.1	62	2.43	0.81	10.95
Tubería L3	43.07	50	0.85	0.43	4.49
Tubería L4	137.4	50	0.77	0.39	3.66
Tubería L5	197.582	50	0.66	0.34	2.81
Tubería L6	236.782	50	0.43	0.22	1.27
Tubería L7	463.8	50	0.28	0.15	0.59
Tubería L8	138.4	50	0.16	0.08	0.20
Tubería L9	315.26	38	0.07	0.06	0.15
Tubería L10	339.77	38	0.07	0.06	0.17
Tubería L11	274.62	38	0.09	0.08	0.26
Tubería L12	408.5	38	0.09	0.07	0.24
Tubería L13	327	50	1.39	0.71	11.02
Tubería L14	252.2	50	0.34	0.17	0.82
Tubería L15	245.55	50	0.24	0.12	0.42
Tubería L16	445.59	38	0.09	0.08	0.28
Tubería L17	367.1	50	0.85	0.43	4.45
Tubería L18	185.3	50	0.74	0.37	3.40
Tubería L19	374.05	50	0.37	0.19	0.97
Tubería L20	279.99	38	0.24	0.21	1.60
Tubería L21	431.2	38	0.09	0.08	0.26
Tubería L22	232.5	38	0.20	0.17	1.12
Tubería L23	355.7	38	0.07	0.07	0.18
Tubería L24	40	62	0.00	0.00	0.00
Tubería L25	370	62	0.00	0.00	0.00
Tubería L26	370	62	0.00	0.00	0.00
Tubería L27	39.62	62	0.00	0.00	0.00
Bomba B1	No Disponible	No Disponible	0.00	0.00	0.00

Fuente: EPANET. Elaboración Propia

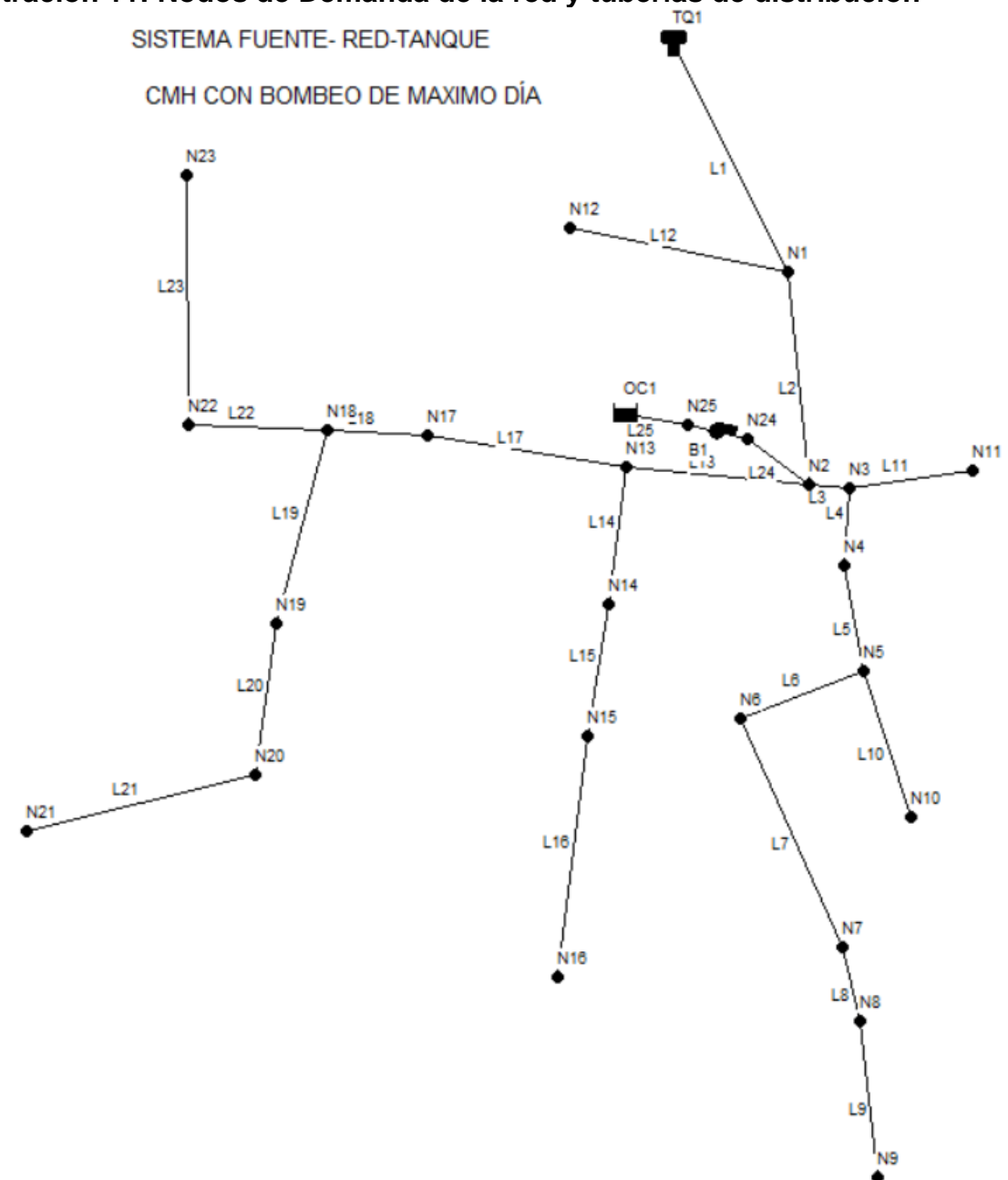
Las velocidades en la tubería varían entre los 0.06 m/s la más baja, hasta los 0.81 m/s la más alta. Teniendo velocidades por debajo de lo establecido en las normas en los tramos de tuberías de extremos de la red. Esto debido a que la demanda de agua es pequeña, producto de la baja población en la comunidad. Todo esto sumado a que las viviendas están dispersas por toda la comunidad, resultando longitudes de tuberías muy grandes, y muy poco caudal.

5.7.3. Análisis hidráulico de red Alternativa 2. (Fuente- Red -Tanque).

Este sistema trabajará con una línea de conducción que se conectará directamente con el nodo 2 de la red.

El número de nodos y su elevación, No. de tramos y diámetros de tuberías de la red principal se muestra a continuación en la Ilustración 11.

Ilustración 11: Nodos de Demanda de la red y tuberías de distribución



Fuente: EPANET. Elaboración Propia.

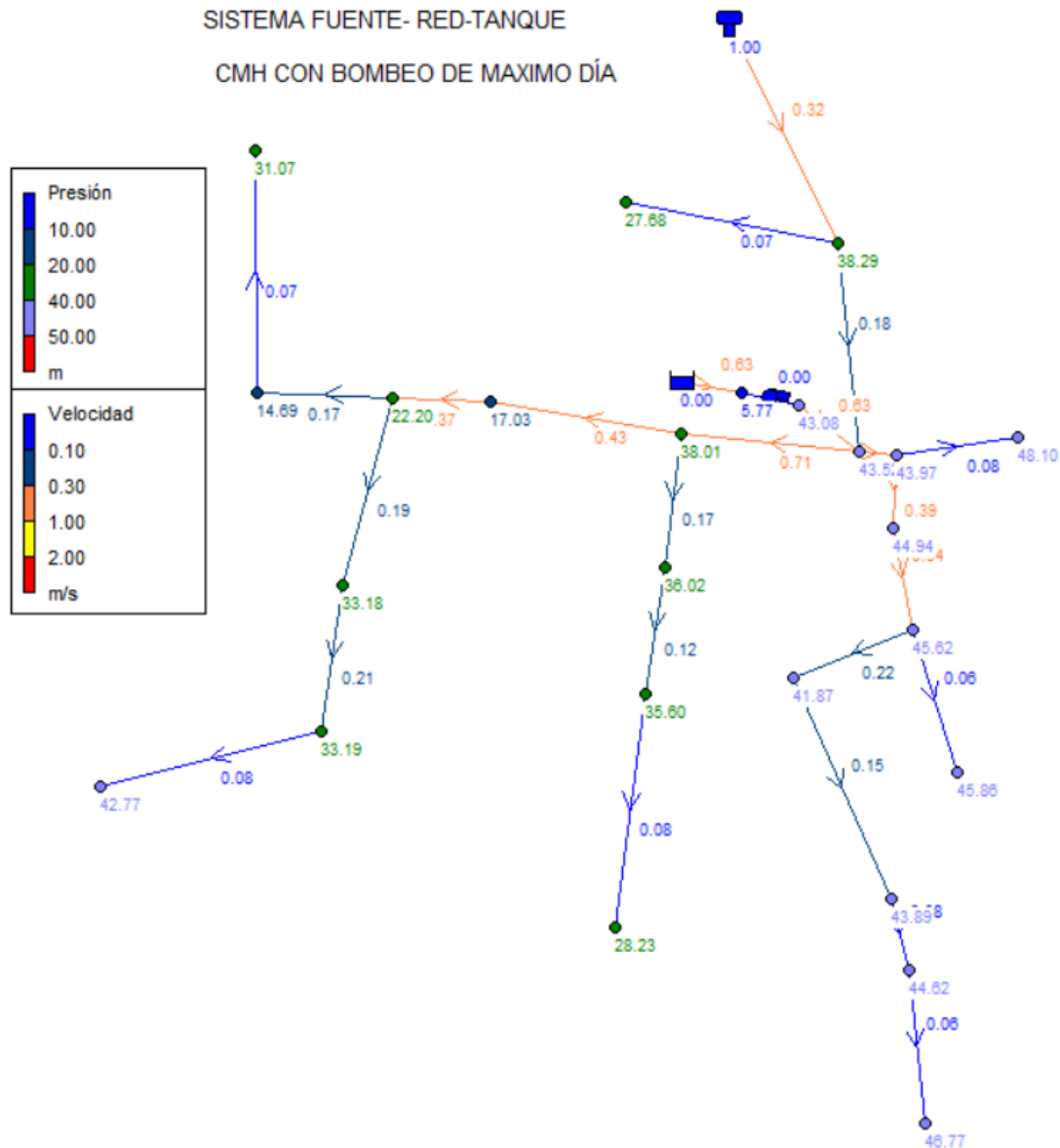
1. Primera Condición de Análisis: Bombeo de Máximo día con consumo de Máxima hora (ver ilustración 12).

Desde la fuente: 1.89 l/s

Desde el tanque: 0.96 l/s

Los resultados de velocidad y presiones de este análisis se presentan en Tablas 17 y 18.

Ilustración 12: Presiones en Nodos y Velocidades en la Tubería Principal



Fuente: EPANET. Elaboración Propia.

Tabla 17: Sistema F-R-T. Alternativa 2. Condición de Análisis: Bombeo de Máximo día con Consumo de Máxima hora. Presión en los nodos

ID Nudo	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Conexión N1	22.95	0.331	61.24	38.29
Conexión N2	17.45	0.192	60.97	43.52
Conexión N3	16.8	0	60.77	43.97
Conexión N4	15.33	0.102	60.27	44.94
Conexión N5	14.1	0.161	59.72	45.62
Conexión N6	17.55	0.146	59.42	41.87
Conexión N7	15.25	0.125	59.14	43.89
Conexión N8	14.5	0.094	59.12	44.62
Conexión N9	12.3	0.066	59.07	46.77
Conexión N10	13.8	0.071	59.66	45.86
Conexión N11	12.6	0.089	60.70	48.10
Conexión N12	33.46	0.085	61.14	27.68
Conexión N13	19.35	0.197	57.36	38.01
Conexión N14	21.14	0.103	57.16	36.02
Conexión N15	21.45	0.144	57.05	35.60
Conexión N16	28.7	0.093	56.93	28.23
Conexión N17	38.7	0.115	55.73	17.03
Conexión N18	32.9	0.165	55.10	22.20
Conexión N19	21.55	0.136	54.73	33.18
Conexión N20	21.1	0.148	54.29	33.19
Conexión N21	11.4	0.090	54.17	42.77
Conexión N22	40.15	0.122	54.84	14.69
Conexión N23	23.7	0.074	54.77	31.07
Conexión N24	18	0	61.08	43.08
Conexión N25	-21.62	0	-15.85	5.77
Embalse OC1	-15.62	No Disponible	-15.62	0.00
Depósito TQ1	61	No Disponible	62.00	1.00

Fuente: EPANET. Elaboración Propia.

Las presiones en los nodos de la red de distribución resultaron la máxima de 48.10 m en el nodo #11 y la presión mínima de 14.69 m en el nodo #22, las presiones se encuentran dentro del rango permisible que estipula las Normas del INAA.

Tabla 18: Sistema F-R-T. Alternativa 2. Condición de Análisis: Bombeo de Máximo día con Consumo de Máxima hora. Caudal y velocidades en los Nodos.

ID Línea	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
	m	mm	LPS	m/s	m/km
Tubería L1	391	62	0.96	0.32	1.94
Tubería L2	403.1	62	0.54	0.18	0.68
Tubería L3	43.07	50	0.85	0.43	4.49
Tubería L4	137.4	50	0.77	0.39	3.66
Tubería L5	197.58	50	0.66	0.34	2.81
Tubería L6	236.78	50	0.43	0.22	1.27
Tubería L7	463.8	50	0.28	0.15	0.59
Tubería L8	138.4	50	0.16	0.08	0.20
Tubería L9	315.26	38	0.07	0.06	0.15
Tubería L10	339.77	38	0.07	0.06	0.17
Tubería L11	274.62	38	0.09	0.08	0.26
Tubería L12	408.5	38	0.09	0.07	0.24
Tubería L13	327	50	1.39	0.71	11.02
Tubería L14	252.2	50	0.34	0.17	0.82
Tubería L15	245.55	50	0.24	0.12	0.42
Tubería L16	445.59	38	0.09	0.08	0.28
Tubería L17	367.1	50	0.85	0.43	4.45
Tubería L18	185.3	50	0.74	0.37	3.40
Tubería L19	374.05	50	0.37	0.19	0.97
Tubería L20	279.99	38	0.24	0.21	1.60
Tubería L21	431.2	38	0.09	0.08	0.26
Tubería L22	232.5	38	0.20	0.17	1.12
Tubería L23	355.7	38	0.07	0.07	0.18
Tubería L24	16.5	62	1.89	0.63	6.87
Tubería L25	33.52	62	1.89	0.63	6.87

ID Línea	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
	m	mm	LPS	m/s	m/km
Bomba B1	No Disponible	No Disponible	1.89	0.00	-76.93

Fuente: EPANET. Elaboración Propia.

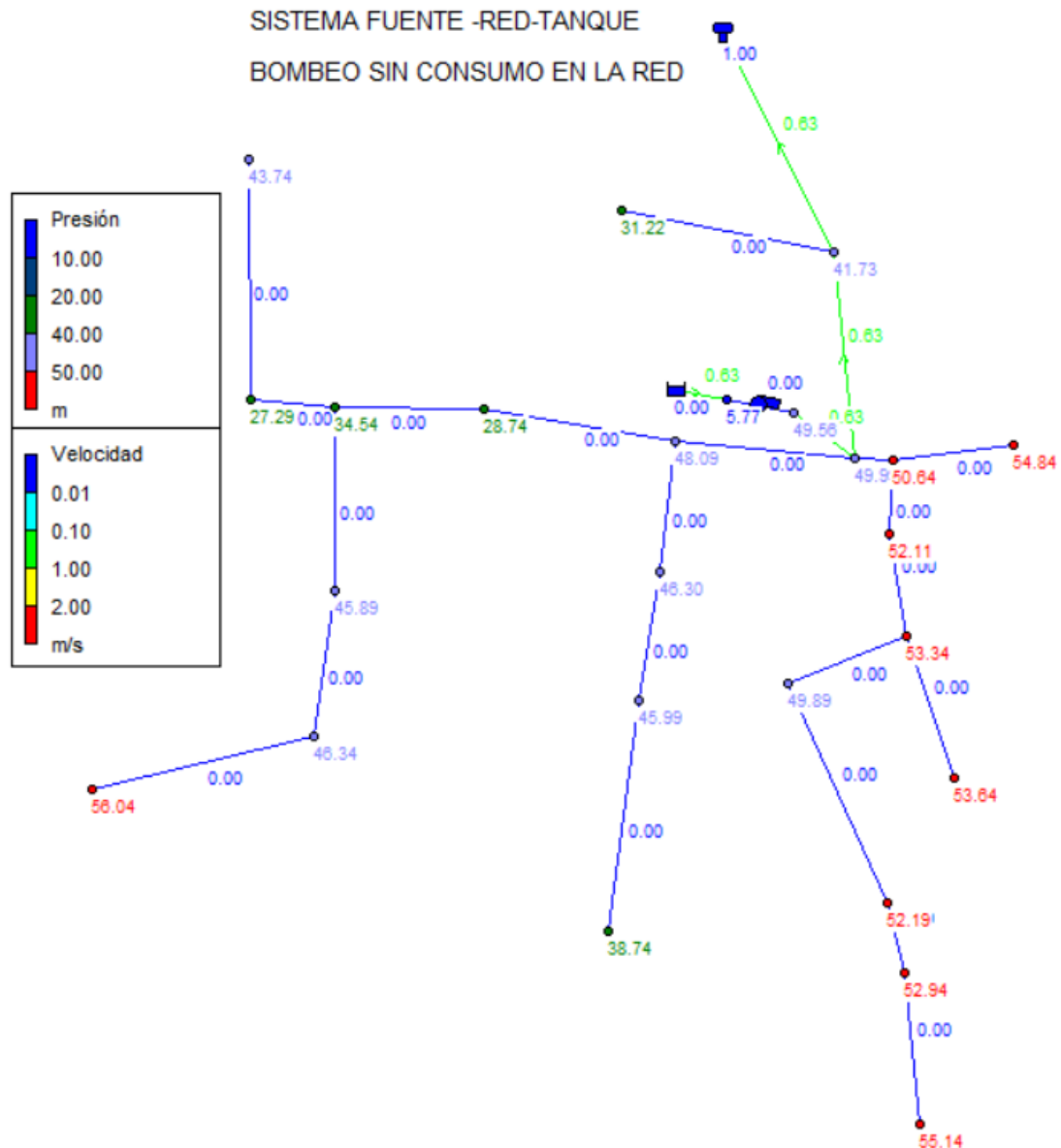
Las velocidades en las líneas de la red de distribución oscilan entre 0.06 m/s en la tubería #9 y de 0.71 m/s en tubería #13, se presentan velocidades por debajo de lo recomendados por las normas.

2. Segunda Condición de Análisis Alternativa 2: Bombeo de Máximo día sin consumo en la red. (ver ilustración 13 y Tablas 19 y 20).

Desde la fuente: 1.89 l/s

Hacia el tanque: 1.89 l/s

Ilustración 13: Presiones en los nodos y velocidades en las tuberías.



Fuente: EPANET. Elaboración Propia.

Tabla 19: Sistema F-R-T. Alternativa 2. Condición de Análisis: Bombeo sin consumo en la Red. Presiones en los nodos.

ID Nudo	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Conexión N1	22.95	0	64.68	41.73
Conexión N2	17.45	0	67.44	49.99
Conexión N3	16.8	0	67.44	50.64
Conexión N4	15.33	0	67.44	52.11
Conexión N5	14.1	0	67.44	53.34
Conexión N6	17.55	0	67.44	49.89
Conexión N7	15.25	0	67.44	52.19
Conexión N8	14.5	0	67.44	52.94
Conexión N9	12.3	0	67.44	55.14
Conexión N10	13.8	0	67.44	53.64
Conexión N11	12.6	0	67.44	54.84
Conexión N12	33.46	0	64.68	31.22
Conexión N13	19.35	0	67.44	48.09
Conexión N14	21.14	0	67.44	46.30
Conexión N15	21.45	0	67.44	45.99
Conexión N16	28.7	0	67.44	38.74
Conexión N17	38.7	0	67.44	28.74
Conexión N18	32.9	0	67.44	34.54
Conexión N19	21.55	0	67.44	45.89
Conexión N20	21.1	0	67.44	46.34
Conexión N21	11.4	0	67.44	56.04
Conexión N22	40.15	0	67.44	27.29
Conexión N23	23.7	0	67.44	43.74
Conexión N24	18	0	67.56	49.56
Conexión N25	-21.62	0	-15.85	5.77
Embalse OC1	-15.62	No Disponible	-15.62	0.00
Depósito TQ1	61	No Disponible	62.00	1.00

Fuente: EPANET. Elaboración Propia.

Las presiones en los nodos de la red de distribución oscilan entre 56.04 en el nodo #21 y 27.29 m en el nodo #22, la mayor presión sobrepasa lo indicado en las normas del INAA.

Tabla 20: Sistema F-R-T. Alternativa 2. Condición de Análisis: Bombeo sin consumo en la Red. Caudales y Velocidades en las tuberías.

ID Línea	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
	m	mm	LPS	m/s	m/km
Tubería L1	391	62	-1.89	0.63	6.86
Tubería L2	403.1	62	-1.89	0.63	6.86
Tubería L3	43.07	50	0.00	0.00	0.00
Tubería L4	137.4	50	0.00	0.00	0.00
Tubería L5	197.582	50	0.00	0.00	0.00
Tubería L6	236.782	50	0.00	0.00	0.00
Tubería L7	463.8	50	0.00	0.00	0.00
Tubería L8	138.4	50	0.00	0.00	0.00
Tubería L9	315.26	38	0.00	0.00	0.00
Tubería L10	339.77	38	0.00	0.00	0.00
Tubería L11	274.62	38	0.00	0.00	0.00
Tubería L12	408.5	38	0.00	0.00	0.00
Tubería L13	327	50	0.00	0.00	0.00
Tubería L14	252.2	50	0.00	0.00	0.00
Tubería L15	245.55	50	0.00	0.00	0.00
Tubería L16	445.59	38	0.00	0.00	0.00
Tubería L17	367.1	50	0.00	0.00	0.00
Tubería L18	185.3	50	0.00	0.00	0.00
Tubería L19	374.05	50	0.00	0.00	0.00
Tubería L20	279.99	38	0.00	0.00	0.00
Tubería L21	431.2	38	0.00	0.00	0.00
Tubería L22	232.5	38	0.00	0.00	0.00
Tubería L23	355.7	38	0.00	0.00	0.00
Tubería L24	16.5	62	1.89	0.63	6.86
Tubería L25	33.52	62	1.89	0.63	6.86

ID Línea	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
	m	mm	LPS	m/s	m/km
Bomba B1	No Disponible	No Disponible	1.89	0.00	-83.41

Fuente: EPANET. Elaboración Propia.

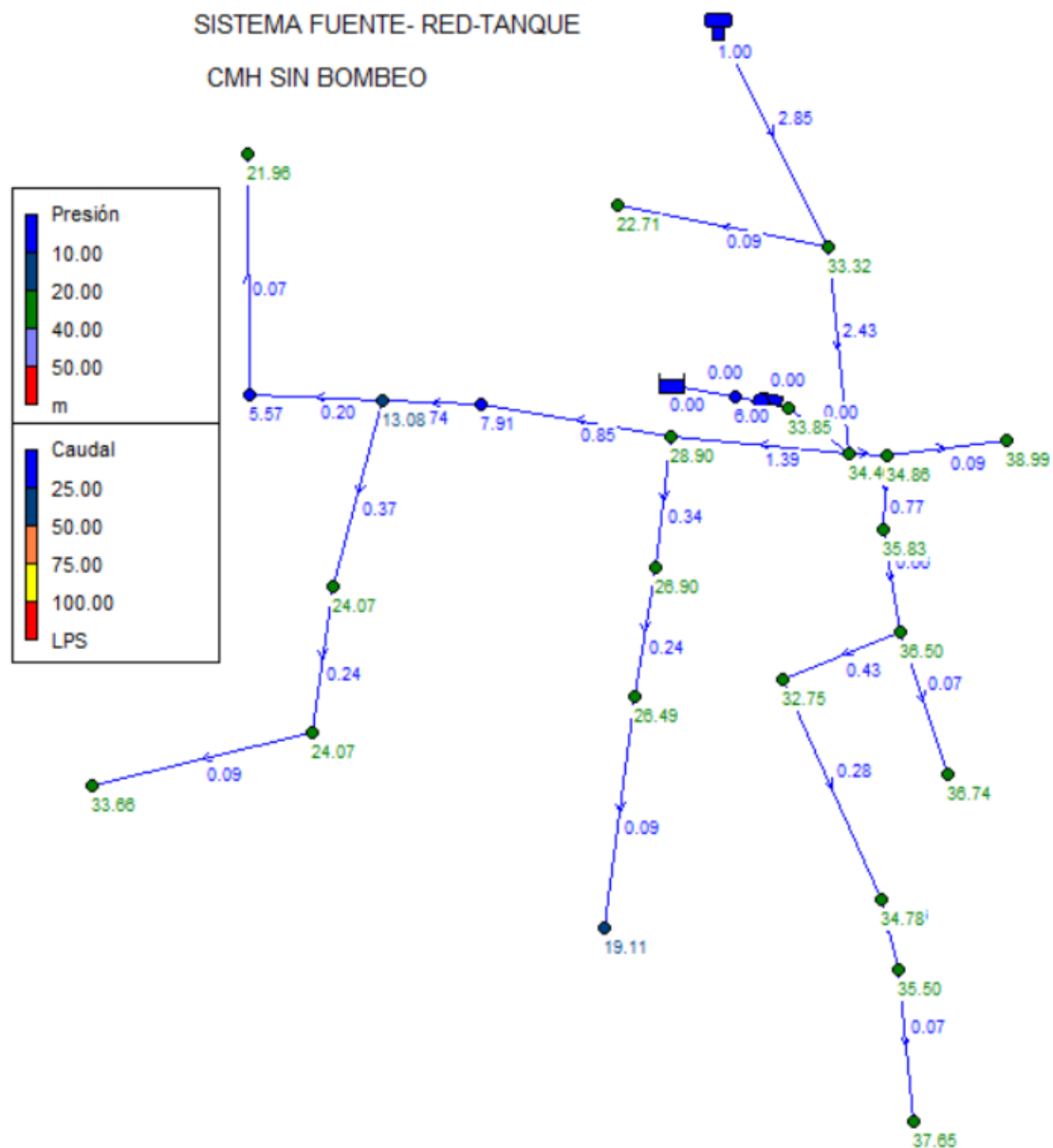
Las velocidades en los tramos de la línea de conducción son de 0.63 m/s.

3. Tercera Condición de Análisis. Alternativa 2: Consumo de Máxima Hora sin Bombeo en la red. (ver ilustración 14 y Tabla 21 y 22).

Desde la fuente: 0.00 l/s

Desde el tanque: 2.85 l/s

Ilustración 14: Presiones en los Nodos y caudales en la Red.



Fuente: EPANET. Elaboración Propia.

**Tabla 21: Sistema Fuente-Red-Tanque. Alternativa 1. Condición de Análisis:
CMH sin Bombeo. Presiones en los nodos.**

ID Nudo	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Conexión N1	22.95	0.331	56.27	33.32
Conexión N2	17.45	0.192	51.85	34.40
Conexión N3	16.8	0	51.66	34.86
Conexión N4	15.33	0.102	51.16	35.83
Conexión N5	14.1	0.161	50.60	36.50
Conexión N6	17.55	0.146	50.30	32.75
Conexión N7	15.25	0.125	50.03	34.78
Conexión N8	14.5	0.094	50.00	35.50
Conexión N9	12.3	0.066	49.95	37.65
Conexión N10	13.8	0.071	50.54	36.74
Conexión N11	12.6	0.089	51.59	38.99
Conexión N12	33.46	0.085	56.17	22.71
Conexión N13	19.35	0.197	48.25	28.90
Conexión N14	21.14	0.103	48.04	26.90
Conexión N15	21.45	0.144	47.94	26.49
Conexión N16	28.7	0.093	47.81	19.11
Conexión N17	38.7	0.115	46.61	7.91
Conexión N18	32.9	0.165	45.98	13.08
Conexión N19	21.55	0.136	45.62	24.07
Conexión N20	21.1	0.148	45.17	24.07
Conexión N21	11.4	0.090	45.06	33.66
Conexión N22	40.15	0.122	45.72	5.57
Conexión N23	23.7	0.074	45.66	21.96
Conexión N24	18	0	51.85	33.85
Conexión N25	-21.62	0	-15.62	6.00
Embalse OC1	-15.62	No Disponible	-15.62	0.00
Depósito TQ1	61	No Disponible	62.00	1.00

Fuente: EPANET. Elaboración Propia.

Tabla 22: Sistema Fuente-Red-Tanque. Alternativa 2. Condición de Análisis: CMH sin Bombeo. Caudal y velocidad en las tuberías.

ID Línea	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
	m	mm	LPS	m/s	m/km
Tubería L1	391	62	2.85	0.94	14.66
Tubería L2	403.1	62	2.43	0.81	10.95
Tubería L3	43.07	50	0.85	0.43	4.49
Tubería L4	137.4	50	0.77	0.39	3.66
Tubería L5	197.582	50	0.66	0.34	2.81
Tubería L6	236.782	50	0.43	0.22	1.27
Tubería L7	463.8	50	0.28	0.15	0.59
Tubería L8	138.4	50	0.16	0.08	0.20
Tubería L9	315.26	38	0.07	0.06	0.15
Tubería L10	339.77	38	0.07	0.06	0.17
Tubería L11	274.62	38	0.09	0.08	0.26
Tubería L12	408.5	38	0.09	0.07	0.24
Tubería L13	327	50	1.39	0.71	11.02
Tubería L14	252.2	50	0.34	0.17	0.82
Tubería L15	245.55	50	0.24	0.12	0.42
Tubería L16	445.59	38	0.09	0.08	0.28
Tubería L17	367.1	50	0.85	0.43	4.45
Tubería L18	185.3	50	0.74	0.37	3.40
Tubería L19	374.05	50	0.37	0.19	0.97
Tubería L20	279.99	38	0.24	0.21	1.60
Tubería L21	431.2	38	0.09	0.08	0.26
Tubería L22	232.5	38	0.20	0.17	1.12
Tubería L23	355.7	38	0.07	0.07	0.18
Tubería L24	16.5	62	0.00	0.00	0.00
Tubería L25	33.52	62	0.00	0.00	0.00
Bomba B1	No Disponible	No Disponible	0.00	0.00	0.00

Fuente: EPANET. Elaboración Propia.

5.7.4 Análisis con Patrón de demanda en período extendido

Para este análisis se utilizó el siguiente patrón de demanda, donde se representa el porcentaje de consumo por cada hora del día. Siendo las 10 de la mañana la hora de máximo consumo (tabla 23).

Tabla 23: Patrón de Demanda en Período Extendido.

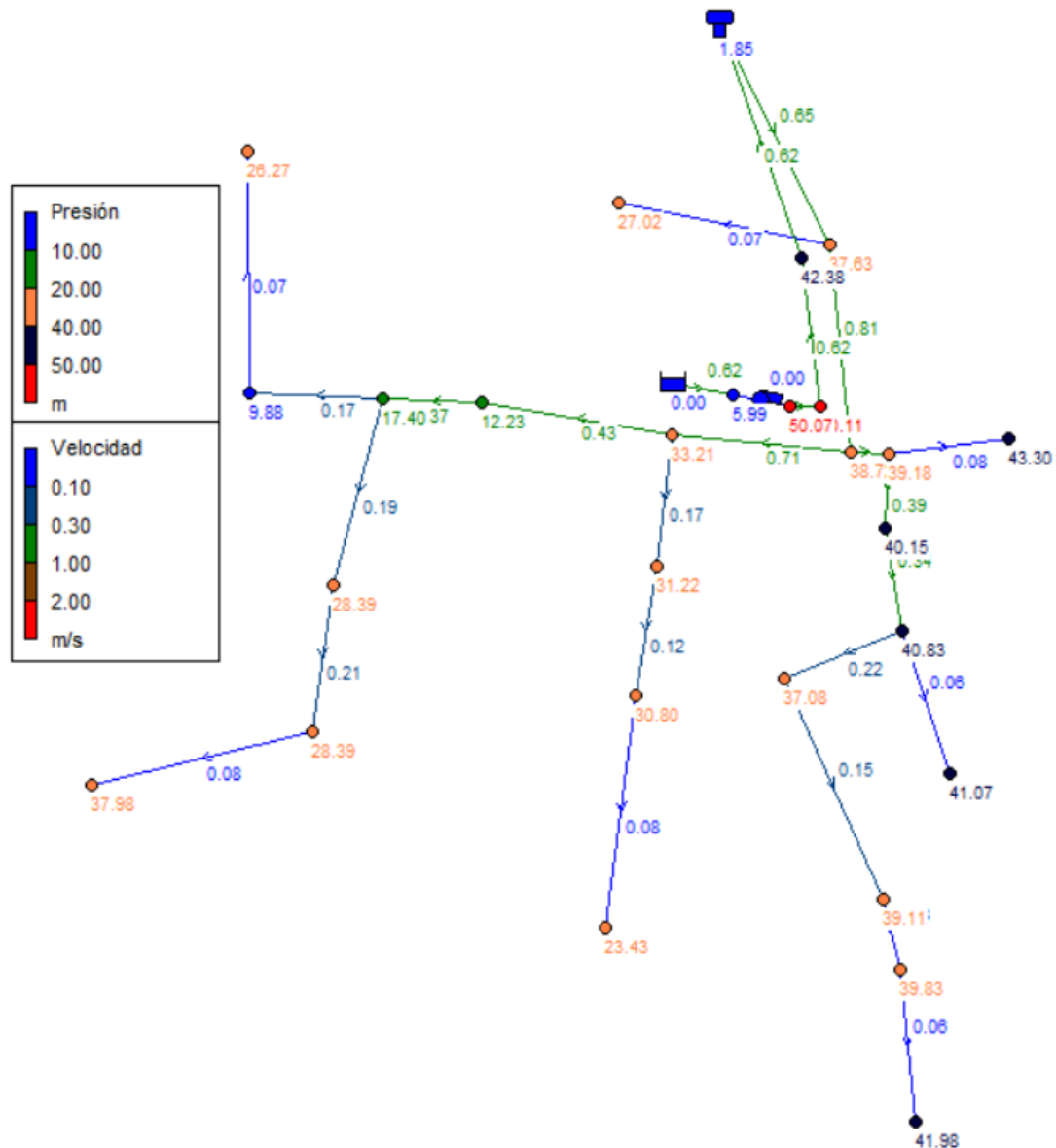
CMPE	0.18	0.21	0.23	0.27	0.35	0.61
CMPE	1.35	1.38	1.74	2	2.5	2
CMPE	1.88	1.69	1.5	1.42	1.21	1
CMPE	0.86	0.44	0.36	0.34	0.32	0.16

Fuente: Ing. Yalmar Fernando Zamora Sánchez, especialista en agua y saneamiento. EL FISE

5.7.4.1 Análisis hidráulico de red, Alternativa 1 (Fuente-Tanque-Red)

A continuación, en la ilustración 15 y las tablas 24 y 25 se muestran las presiones en los nodos y velocidades y caudales en las tuberías.

Ilustración 15: Presiones en los Nodos y caudales en la Red.



Fuente: EPANET. Elaboración Propia.

Bajo esta condición y con una cota de terreno del tanque de 61 m.s.n.m, las presiones en todos los nodos de la red se encuentran dentro de lo establecido en las normas, teniendo la menor presión registrada de 9.88 m en el nodo #22 a las 10:00 am.

A continuación, en las tablas 24 y 25 se muestran las características de los nodos y tuberías de la red en las horas más críticas.

Tabla 24: Sistema F-T-R. Alternativa 1. Análisis con Patrón de Demanda en Período Extendido. Presión en los nodos, 10:00 am.

ID Nudo	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Conexión N1	22.95	0.133	60.58	37.63
Conexión N2	17.45	0.077	56.17	38.72
Conexión N3	16.8	0	55.98	39.18
Conexión N4	15.33	0.041	55.48	40.15
Conexión N5	14.1	0.064	54.93	40.83
Conexión N6	17.55	0.058	54.63	37.08
Conexión N7	15.25	0.050	54.36	39.11
Conexión N8	14.5	0.038	54.33	39.83
Conexión N9	12.3	0.026	54.28	41.98
Conexión N10	13.8	0.028	54.87	41.07
Conexión N11	12.6	0.036	55.90	43.30
Conexión N12	33.46	0.034	60.48	27.02
Conexión N13	19.35	0.079	52.56	33.21
Conexión N14	21.14	0.041	52.36	31.22
Conexión N15	21.45	0.058	52.25	30.80
Conexión N16	28.7	0.037	52.13	23.43
Conexión N17	38.7	0.046	50.93	12.23
Conexión N18	32.9	0.066	50.30	17.40
Conexión N19	21.55	0.054	49.94	28.39
Conexión N20	21.1	0.059	49.49	28.39
Conexión N21	11.4	0.036	49.38	37.98
Conexión N22	40.15	0.049	50.03	9.88
Conexión N23	23.7	0.030	49.97	26.27
Conexión N24	17.7	0	67.81	50.11
Conexión N25	22.95	0	65.33	42.38
Conexión N26	-21.62	0	-15.63	5.99
Conexión N27	18	0	68.07	50.07
Embalse OC1	-15.62	No Disponible	-15.62	0.00
Depósito TQ1	61	No Disponible	62.85	1.85

Fuente: EPANET. Elaboración Propia.

Tabla 25: Sistema Fuente-Tanque-Red. Alternativa 1. Análisis con Patrón de Demanda en Período Extendido. Presión en los nodos, 12:00 am.

ID Nudo	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Conexión N1	22.95	0.133	63.05	40.10
Conexión N2	17.45	0.077	63.01	45.56
Conexión N3	16.8	0	63.01	46.21
Conexión N4	15.33	0.041	63.01	47.68
Conexión N5	14.1	0.064	63.01	48.91
Conexión N6	17.55	0.058	63.00	45.45
Conexión N7	15.25	0.050	63.00	47.75
Conexión N8	14.5	0.038	63.00	48.50
Conexión N9	12.3	0.026	63.00	50.70
Conexión N10	13.8	0.028	63.00	49.20
Conexión N11	12.6	0.036	63.01	50.41
Conexión N12	33.46	0.034	63.05	29.59
Conexión N13	19.35	0.079	62.99	43.64
Conexión N14	21.14	0.041	62.99	41.85
Conexión N15	21.45	0.058	62.98	41.53
Conexión N16	28.7	0.037	62.98	34.28
Conexión N17	38.7	0.046	62.97	24.27
Conexión N18	32.9	0.066	62.97	30.07
Conexión N19	21.55	0.054	62.97	41.42
Conexión N20	21.1	0.059	62.96	41.86
Conexión N21	11.4	0.036	62.96	51.56
Conexión N22	40.15	0.049	62.97	22.82
Conexión N23	23.7	0.030	62.97	39.27
Conexión N24	17.7	0	67.99	50.29
Conexión N25	22.95	0	65.53	42.58
Conexión N26	-21.62	0	-15.63	5.99
Conexión N27	18	0	68.26	50.26
Embalse OC1	-15.62	No Disponible	-15.62	0.00
Depósito TQ1	61	No Disponible	63.07	2.07

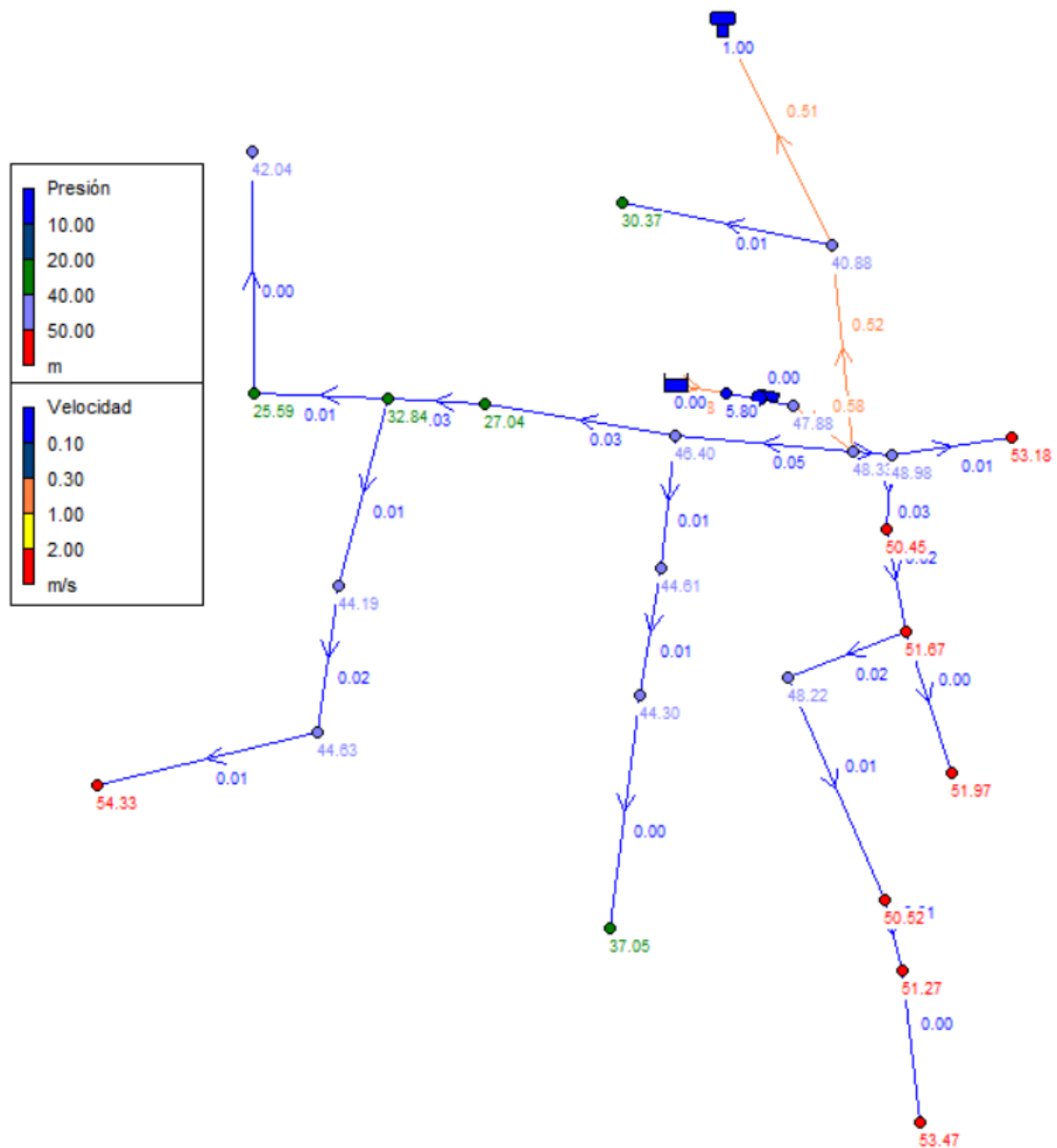
Fuente: EPANET. Elaboración Propia.

5.7.4.2 Análisis hidráulico de red, Alternativa 2 (Fuente-Red-Tanque)

Bajo este análisis la bomba está programada para que trabaje de las 12:00-4:00 am y de las 6:00 am a 6:00 pm, teniendo con esto un tiempo de bombeo de 16 horas.

A continuación, en la ilustración 16 y las tablas 26 y 27 se muestran las presiones en los nodos y las distintas velocidades y caudales en las tuberías, en las horas más críticas.

Ilustración 16: Presiones en los Nodos y caudales en la Red. 10:00 am



Fuente: EPANET. Elaboración Propia.

Tabla 26: Sistema F-R-T. Alternativa 2. Análisis con Patrón de Demanda en Período Extendido. 10:00 am.

ID Nudo	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Conexión N1	22.95	0.133	62.09	39.14
Conexión N2	17.45	0.077	61.82	44.37
Conexión N3	16.8	0	61.62	44.82
Conexión N4	15.33	0.041	61.12	45.79
Conexión N5	14.1	0.064	60.57	46.47
Conexión N6	17.55	0.058	60.28	42.73
Conexión N7	15.25	0.050	60.00	44.75
Conexión N8	14.5	0.038	59.97	45.47
Conexión N9	12.3	0.026	59.93	47.63
Conexión N10	13.8	0.028	60.52	46.72
Conexión N11	12.6	0.036	61.55	48.95
Conexión N12	33.46	0.034	61.99	28.53
Conexión N13	19.35	0.079	58.21	38.86
Conexión N14	21.14	0.041	58.00	36.86
Conexión N15	21.45	0.058	57.90	36.45
Conexión N16	28.7	0.037	57.87	29.17
Conexión N17	38.7	0.046	56.70	18.00
Conexión N18	32.9	0.066	56.11	23.21
Conexión N19	21.55	0.054	55.75	34.20
Conexión N20	21.1	0.059	55.31	34.21
Conexión N21	11.4	0.036	55.19	43.79
Conexión N22	40.15	0.049	55.85	15.70
Conexión N23	23.7	0.030	55.78	32.08
Conexión N24	18	0	61.93	43.93
Conexión N25	-21.62	0	-15.85	5.77
Embalse OC1	-15.62	No Disponible	-15.62	0.00
Depósito TQ1	61	No Disponible	62.85	1.85

Fuente: EPANET. Elaboración Propia.

Tabla 27: Sistema F-R-T. Alternativa 2. Análisis con Patrón de Demanda en Período Extendido. Presiones en los nodos. 03:00 am.

ID Nudo	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Conexión N1	22.95	0.133	64.58	41.63
Conexión N2	17.45	0.077	66.30	48.85
Conexión N3	16.8	0	66.29	49.49
Conexión N4	15.33	0.041	66.29	50.96
Conexión N5	14.1	0.064	66.28	52.18
Conexión N6	17.55	0.058	66.27	48.72
Conexión N7	15.25	0.050	66.27	51.02
Conexión N8	14.5	0.038	66.27	51.77
Conexión N9	12.3	0.026	66.27	53.97
Conexión N10	13.8	0.028	66.28	52.48
Conexión N11	12.6	0.036	66.29	53.69
Conexión N12	33.46	0.034	64.58	31.12
Conexión N13	19.35	0.079	66.24	46.89
Conexión N14	21.14	0.041	66.24	45.10
Conexión N15	21.45	0.058	66.23	44.78
Conexión N16	28.7	0.037	66.23	37.53
Conexión N17	38.7	0.046	66.21	27.51
Conexión N18	32.9	0.066	66.20	33.30
Conexión N19	21.55	0.054	66.20	44.65
Conexión N20	21.1	0.059	66.19	45.09
Conexión N21	11.4	0.036	66.19	54.79
Conexión N22	40.15	0.049	66.20	26.05
Conexión N23	23.7	0.030	66.20	42.50
Conexión N24	18	0	66.39	48.39
Conexión N25	-21.62	0	-15.81	5.81
Embalse OC1	-15.62	No Disponible	-15.62	0.00
Depósito TQ1	61	No Disponible	63.02	2.02

Fuente: EPANET. Elaboración Propia.

5.8 Comparación Técnica y económica de ambos sistemas

Para un mejor funcionamiento del sistema de agua en la comunidad el pedregal, se elegirá la mejor opción entre el sistema F-T-R y el sistema F-R-T, para esto se compararon los costos totales para la instalación del sistema, así como las condiciones técnicas de ambos sistemas (presiones, velocidades, diámetros, estación de bombeo, etc.)

5.8.1 Línea de conducción

La siguiente tabla muestra las condiciones de cada sistema en la línea de conducción.

Tabla 28. Comparativa técnica y económica de la línea de conducción para ambos sistemas.

Descripción	Unidad de Medida	Sistema F-T-R	Sistema F-R-T
Diámetro de la tubería	Pulgadas	2.5	2.5
Carga Total Dinámica	Pies	277	277.55
Potencia Hidráulica de la Bomba	HP	2.8	2.8
Potencia del Motor	HP	3.22	3.22
Potencia Propuesta	HP	5	5
Costo total de materiales	C\$	62,243.44	64,943.44

Fuente: Elaboración Propia.

5.8.2 Red de distribución

En la tabla 29 se muestra una comparativa técnica de los dos sistemas propuestos para la red, en donde se comparan las presiones y velocidades tanto máximas como mínimas.

Tabla 29: Comparativa Técnica de la Red de Distribución, para ambos Sistemas.

Descripción	Unidad de medida	Sistema F-T-R	Sistema F-R-T
Análisis con Régimen Permanente			
Presión minina	mca	9.04	14.69

Descripción	Unidad de medida	Sistema F-T-R	Sistema F-R-T
Presión máxima	mca	50.60	56.04
Velocidad mínima	m/s	0.06	0.06
Velocidad máxima	m/s	0.81	0.71
Análisis con Patrón de Demanda en Periodo Extendido			
Presión mínima	mca	9.88	15.70
Presión máxima	mca	51.56	54.79
Velocidad mínima	m/s	0.01	0.01
Velocidad máxima	m/s	0.81	0.71
Costos			
Costo total de materiales	C\$	1,442,933.90	1,372,733.9

Fuente: Elaboración Propia.

5.8.3 Selección del sistema a utilizar

Haciendo una comparación entre las alternativas de diseño, y tomando en cuenta el análisis para ambas alternativas en las condiciones más desfavorables y así mismo realizando un análisis con patrón de demanda en periodo extendido, se propone elegir la alternativa dos (Fuente-Red-Tanque) por las siguientes razones:

1. Los costos de instalación de materiales son más económicos en la alternativa F-R-T, en casi \$2,000.00.
2. La alternativa Fuente-Red-Tanque presenta presiones un poco elevadas, pero permisibles a lo establecido en las normas, ya que no sobrepasan los 55 m.c.a.
3. En el análisis técnico económico de la línea de conducción y el equipo de bombeo los costos y características son similares entre ambas alternativas.
4. En la alternativa dos hay una mayor eficiencia del sistema en cuanto al flujo continuo y abastecimiento de agua las 24 horas del día.

5.9 Tratamiento del Agua

Con el propósito de proveer agua libre de bacterias, virus y amebas a los usuarios, se debe incorporar un sistema de desinfección. Los resultados de los análisis fisicoquímicos, bacteriológicos, organolépticos, hierro y arsénico determinaron que no se requiere de ningún tratamiento adicional más que la desinfección preventiva con cloro para garantizar la pureza del agua y eliminar los coliformes totales.

5.9.1 Dosificación

De conformidad con los métodos y medios empleados por el ENACAL y FISE en sistemas rurales, el sistema de cloración consistirá en desinfección por inyección hidráulica de hipoclorito de Calcio, usando una concentración de cloro activo de 2 mg/lit, para obtener una concentración de cloro residual de 0.2 mg/lit, Ante la ausencia de coliformes fecales, esta concentración será suficiente para desinfectar el agua de los microorganismo restante, además que permitirá que el agua mantenga un sabor agradable.

La aplicación al agua de la solución se efectuará mediante un hipoclorador de carga constante, que dosifique una solución de hipoclorito de calcio al 65%, diluido hasta alcanzar una concentración de solución del 1%. A inicios del primer periodo de 10 años de la vida útil del proyecto, se deberá realizar una inspección detallada para verificar el funcionamiento de la unidad y si es necesario reemplazarla. El cálculo se muestra en tabla 30.

Tabla 30: Dosificación del Cloro.

Año	Dosis Promedio		Concentración Comercial		Concentración Solución		
	d= 2 mg/lit		CC= 0.65		CS= 0.01		
	CMD	Vol. Cloro	Vol. Hipoclorito de Calcio		Volumen de Solución		Dosificación
	Gpm	lb/dia	lb/dia	gr/dia	lt/dia	GPD	gotas/min.
2018	16.913	0.406	0.624	283.854	28.385	7.499	256.257
2019	17.336	0.416	0.640	290.951	29.095	7.687	262.664
2020	17.769	0.426	0.656	298.224	29.822	7.879	269.230

Año	Dosis Promedio		Concentración Comercial		Concentración Solución		
	d= 2 mg/lit		CC= 0.65		CS= 0.01		
	CMD	Vol. Cloro	Vol. Hipoclorito de Calcio		Volumen de Solución		Dosificación
	Gpm	lb/dia	lb/dia	gr/dia	lt/dia	GPD	gotas/min.
2021	18.213	0.437	0.672	305.680	30.568	8.076	275.961
2022	18.669	0.448	0.689	313.322	31.332	8.278	282.860
2023	19.135	0.459	0.707	321.155	32.115	8.485	289.932
2024	19.614	0.471	0.724	329.184	32.918	8.697	297.180
2025	20.104	0.483	0.742	337.413	33.741	8.914	304.609
2026	20.607	0.495	0.761	345.849	34.585	9.137	312.225
2027	21.122	0.507	0.780	354.495	35.449	9.366	320.030
2028	21.650	0.520	0.799	363.357	36.336	9.600	328.031
2029	22.191	0.533	0.819	372.441	37.244	9.840	336.232
2030	22.746	0.546	0.840	381.752	38.175	10.086	344.638
2031	23.315	0.560	0.861	391.296	39.130	10.338	353.253
2032	23.898	0.574	0.882	401.079	40.108	10.597	362.085
2033	24.495	0.588	0.904	411.106	41.111	10.861	371.137
2034	25.107	0.603	0.927	421.383	42.138	11.133	380.415
2035	25.735	0.618	0.950	431.918	43.192	11.411	389.926
2036	26.378	0.633	0.974	442.716	44.272	11.697	399.674
2037	27.038	0.649	0.998	453.784	45.378	11.989	409.666
2038	27.714	0.665	1.023	465.128	46.513	12.289	419.907
2039	28.407	0.682	1.049	476.756	47.676	12.596	430.405

Fuente: Elaboración Propia.

5.10 Obras propuestas y especificaciones

5.10.1 Instalación de Tuberías

- El ancho de la zanja será igual al ancho de la tubería a instalar más 40 cm.
- La profundidad de la zanja será de 1m. Quedando el fondo de la zanja completamente nivelado.
- La tubería a instalarse en la red de distribución será de 2" de diámetro en la tubería principal, bajando a 1 ½" o 1" según se indica en los planos.
- En los pases a través de causes o arroyos, la tubería será protegida con tubos de hierro galvanizado de 3" de diámetro.
- Se instalarán válvulas de compuerta, de limpieza y reductoras de presión, según se indica en los planos.
- Todas las válvulas serán instaladas de modo que su eje quede de forma vertical, contarán con una caja protectora (la cual quedara al mismo nivel del terreno natural).
- Las conexiones domiciliarias, serán de tubos PVC de ½" de diámetro.

5.10.2 Equipo de Bombeo y Sarta

- Se colocará una válvula de retención horizontal (Válvula Check), esta deberá operar normalmente abierta en condiciones de flujo normal.
- Válvula de compuerta de hierro galvanizado.
- Instalación de un manómetro de carga adecuado para medir presiones entre 0 y 14 kg/cm².
- Los accesorios y tubería utilizados en la sarta serán de hierro galvanizado. La tubería de la línea de succión será PVC, con su respectivo adaptador para tubería H.G.

5.10.3 Tanque de Almacenamiento

- Los muros de este tanque serán construidos con concreto, con una losa de fondo de 20 cm de espesor.
- En la parte interna de las paredes se aplicará un repello fino de 1 cm.
- Se aplicará cuatro manos de pintura impermeabilizante en las paredes interiores.
- La tubería de llegada al tanque será de PVC SDR-26 de 2 ½", que previo a la entrada al tanque será adaptada a tubería H.G. de 2 ½".
- Tendrá una tubería de limpieza de 3" H.G, ubicada en la parte inferior del tanque, con una válvula de compuerta H.F. del mismo diámetro.
- Tubería de ventilación, ubicada en la parte superior del tanque, el material de la tubería será hierro galvanizado de 3", con dos codos, formando una "U" invertida.
- Tubería de rebose, ubicada a los 2.1 metros de altura del tanque. Será de hierro galvanizado de 3" de diámetro.

CONCLUSIONES

1. El Pedregal es una comunidad con habitantes en su mayoría jóvenes, los cuales tiene un nivel de vida regular con oportunidades para mejorar su economía, siendo este proyecto de agua potable una oportunidad para lograr ese crecimiento tanto económico como profesional.
2. El censo poblacional, la tasa de crecimiento propuesta y la calidad de vida actual de las familias de la comunidad, permitieron adoptar la dotación más adecuada para cubrir las necesidades de las familias.
3. El levantamiento topográfico, permitió identificar las condiciones del terreno y con ello ubicar el tanque de almacenamiento a una altura suficiente para asegurar un fluido constante del agua y con ello lograr abastecer a todas las casas de la comunidad.
4. El sistema por bombeo del tipo Fuente-Red-Tanque, es el propuesto para el abastecimiento de agua potable.
5. El proyecto tendrá un impacto positivo dentro de la comunidad, ya que mejorará la calidad de vida de las familias y ayudará a evitar enfermedades.
6. El costo total de los materiales para la realización del proyecto será C\$ 1,780,437.56.

RECOMENDACIONES

- 1) Se debe conformar un Comité de Agua Potable (CAP), que vele por el manejo, cuidado y mantenimiento del sistema.
- 2) Impartir charlas para capacitar a la población sobre un uso correcto del agua, para evitar desperdicios en exceso y al mismo tiempo capacitarlos para el uso correcto de los elementos del sistema.
- 3) El agua a consumir por cada familia debe ser exclusivamente para uso doméstico, no se deberá utilizar el agua de este sistema para siembra, ni para el cuidado y aseo de animales de gran tamaño.
- 4) Llevar acabo el mantenimiento preventivo y correctivo a cada una de las estructuras hidráulicas que componen el sistema de acueducto, con el fin de mejorar la prestación del servicio, la eficiencia y el costo operacional.
- 5) Tener un fondo monetario para afrontar futuras reparaciones del sistema.

BIBLIOGRAFIA

1. Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable modernizando el aprendizaje y enseñanza de la asignatura de Ingeniería Sanitaria I. Ing. (Inf) Freddy Marlo Magne Ayllon. Monografía, Cochabamba, Bolivia.
2. Ampliación, mejoramiento y diseño de la red de distribución de agua potable para el casco urbano del municipio de Nandaime, departamento de Granada. Tania Mercado. Monografía, Managua, Nicaragua.
3. Diagnóstico, ampliación y mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable para la ciudad de San Jorge, Rivas. Ing. Olivera Juan Pavón. Monografía, Managua, Nicaragua.
4. Manual para el diseño sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario, Ing. José Manuel Jiménez Terán.
5. Normas Técnicas para Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua, Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Ente Regulador, Managua, Nicaragua 2001.
6. Normas Técnicas para el Abastecimiento y Potabilización del Agua (NTON 09 003-99). Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados ente regulador, INAA.
7. Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado, ENACAL (1999). Manual de Normas y Procedimientos Técnicos Para la Implementación de Proyectos de Agua Potable y Saneamiento en el Sector Rural Disperso de Nicaragua. Nicaragua.

8. López, R. A. (1999). Diseño de acueductos y alcantarillados. Segunda edición. Bogotá, Colombia: Editorial Alfa y Omega.

ANEXOS

A. Presupuesto del proyecto.

El presupuesto de este proyecto fue elaborado aplicando los conocimientos adquiridos en la clase de Costo y Presupuesto. En la elaboración de este presupuesto se les dio prioridad a los materiales a utilizarse en la instalación de la tubería de conducción y red de distribución, detallando todos los materiales que se utilizaron en estas respectivas etapas.

Los precios de los materiales a utilizar en todas las etapas de este proyecto fueron obtenidos por medio de la organización Amigos For Christ, la cual ya tiene sus distribuidores. Al costo total de los materiales se le sumo el 15% ya que, al ser, Amigos For Christ, una ONG está exenta del pago del impuesto al valor agregado (IVA).

Etapas	Subetapas	Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario C\$	Costo Total C\$
1	PRELIMINARES					C\$20,000.00
	1.1	Limpieza Inicial	m2	5000	C\$4.00	C\$20,000.00
2	LINEA DE CONDUCCIÓN					C\$64,943.44
	2.1	Tubería PVC SDR-26 de 2 1/2" x 6m	c/u	136	C\$450.00	C\$61,200.00
	2.2	Codo 90° de φ 2 1/2" PVC	c/u	4	C\$35.19	C\$140.76
	2.3	Codo 45° de φ 2 1/2" PVC	c/u	10	C\$108.37	C\$1,083.70
	2.4	Válvula de pase φ 2 1/2" PVC	c/u	2	C\$641.19	C\$1,282.38
	2.5	Pegamento para PVC	1/4 gln	4	C\$202.90	C\$811.60
	2.6	Tee 2 1/2"	c/u	5	C\$85.00	C\$425.00
3	LINEA DE DISTRIBUCIÓN					C\$1,372,733.90
	3.1	Tubería PVC SDR-26 de 2" x 6m	c/u	498	C\$299.83	C\$149,315.34
	3.2	Tubería PVC SDR-26 de 1 1/2" x 6m	c/u	1014	C\$172.90	C\$175,320.60
	3.3	Codo 90° de 2 1/2" PVC	c/u	5	C\$35.19	C\$175.95
	3.4	Codo 45° de 2 1/2" PVC	c/u	10	C\$108.37	C\$1,083.70
	3.5	Codo 90° de φ 2" PVC	c/u	11	C\$33.52	C\$368.72
	3.6	Codo 90° de φ 1 1/2" PVC	c/u	6	C\$23.77	C\$142.62

Etapas	Subetapas	Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario C\$	Costo Total C\$
	3.7	Codo 45° de φ 2" PVC	c/u	73	C\$26.85	C\$1,960.05
	3.8	Codo 45° de φ 1 1/2" PVC	c/u	44	C\$21.00	C\$924.00
	3.9	Válvula de Aire φ 2"	c/u	20	C\$5,560.36	C\$111,207.20
	3.10	Válvula de pase φ 2" PVC	c/u	28	C\$184.92	C\$5,177.76
	3.11	Válvula de pase φ 1 1/2" PVC	c/u	27	C\$170.00	C\$4,590.00
	3.12	Tee 2"x2"x2"	c/u	30	C\$53.00	C\$1,590.00
	3.13	Tee 1 1/2"x1 1/2"x1 1/2"	c/u	20	C\$24.00	C\$480.00
	3.14	Yee 2"x2"x2" PVC	c/u	10	C\$53.00	C\$530.00
	3.15	Yee 1 1/2"x1 1/2"x1 1/2" PVC	c/u	5	C\$35.00	C\$175.00
	3.16	Tapón Hembra PVC φ 2"	c/u	3	C\$10.72	C\$32.16
	3.17	Tapón Hembra PVC φ 1 1/2"	c/u	12	C\$5.55	C\$66.60
	3.18	Reductor de diámetro PVC, φ 2 1/2"-1 1/2"	c/u	1	C\$50.00	C\$50.00
	3.19	Reductor de diámetro PVC, φ 2"-1 1/2"	c/u	6	C\$17.25	C\$103.50
	3.20	Pegamento para PVC	gln	5	C\$850.24	C\$4,251.20
	3.21	Manómetro	c/u	30	C\$142.41	C\$4,272.30
	3.22	Cajas Protectoras de válvulas	c/u	30	C\$2,500.00	C\$75,000.00
	3.23	Estructura de concreto para Válvulas	c/u	55	C\$114.04	C\$6,272.20
	3.24	Tubo PVC 1/2"	c/u	1800	C\$95.40	C\$171,720.00
	3.25	Medidor	c/u	195	C\$3,000.00	C\$585,000.00
	3.26	Codo PVC 1/2"	c/u	800	C\$10.00	C\$8,000.00
	3.27	Union PVC 1/2"	c/u	700	C\$5.00	C\$3,500.00
	3.28	Válvula de pase de 1/2"	c/u	195	C\$35.00	C\$6,825.00
	3.29	Tubo H.G. 1/2"	c/u	65	C\$150.00	C\$9,750.00
	3.30	Codo H.G. 90° 1/2"	c/u	585	C\$55.00	C\$32,175.00
	3.31	Llave de chorro de bronce	c/u	195	C\$65.00	C\$12,675.00
4	TANQUE DE ALMACENAMIENTO					C\$405,318.60
	4.1	Zapata de Concreto, con pedestal y viga asísmica	c/u	6	C\$4,581.93	C\$27,491.58
	4.2	Pared de concreto, 25 cm espesor	m3	35.34	C\$4,594.85	C\$162,382.00
	4.3	Losa de Fondo de 20 cm	m2	31.36	C\$1,790.00	C\$56,134.40
	4.4	Losa de Techo de 15 cm	m2	15.9	C\$1,449.38	C\$23,045.14
	4.5	Impermeabilizante	gln	4	C\$600.00	C\$2,400.00
	4.6	Tubería H.G. φ 3"	c/u	5	C\$4,632.71	C\$23,163.55
	4.7	Codo H.G. 45° φ 3"	c/u	15	C\$356.31	C\$5,344.65
	4.8	Codo H.G. 90° φ 3"	c/u	10	C\$627.45	C\$6,274.50
	4.9	Tubería PVC, φ 3"	c/u	1	C\$666.65	C\$666.65
	4.10	Adaptador de H.G. a PVC	c/u	3	C\$390.51	C\$1,171.53

Etap	Subetapa	Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario C\$	Costo Total C\$
	4.11	Hipoclorador	c/u	1	C\$18,541.00	C\$18,541.00
	4.12	Muro perimetral de Malla Ciclón.	ml	40	C\$1,967.59	C\$78,703.60
5	CASETA DE BOMBEO					C\$168,626.68
	5.1	Bomba Sumergible	c/u	1	C\$40,000.00	C\$40,000.00
	5.2	Tubo PVC SDR-26, Columna de bombeo	c/u	6	C\$666.65	C\$3,999.90
	5.3	Tee de 3"x3"x3" H.G.	c/u	4	C\$159.79	C\$639.16
	5.4	Medidor Maestro 3" H.F.	c/u	1	C\$11,150.00	C\$11,150.00
	5.5	Válvula Check 3" H.F.	c/u	1	C\$2,356.00	C\$2,356.00
	5.6	Manómetro de Carga	c/u	1	C\$2,000.00	C\$2,000.00
	5.7	Tubería H.G. de 3"	c/u	2	C\$4,632.71	C\$9,265.42
	5.8	Codo de 90° H.G. de 3"	c/u	1	C\$627.45	C\$627.45
	5.9	Codo de 45° H.G. de 3"	c/u	3	C\$356.31	C\$1,068.93
	5.10	Pedestal de Concreto	c/u	3	C\$508.54	C\$1,525.62
	5.11	Zapata Corrida de Concreto	ml	11	C\$576.51	C\$6,341.61
	5.12	Pared de Mamposteria	m2	24.75	C\$654.55	C\$16,200.11
	5.13	Cubierta de Techo	m2	8	C\$382.02	C\$3,056.16
	5.14	Losa de Concreto, 7.5 cm de espesor	m2	7	C\$771.92	C\$5,403.44
	5.15	Puerta de Madera	c/u	1	C\$680.00	C\$680.00
	5.16	Ventana	c/u	3	C\$450.00	C\$1,350.00
	5.17	Muro perimetral de Malla Ciclón.	ml	32	C\$1,967.59	C\$62,962.88
COSTO DE LA OBRA						C\$2,031,622.62
	Costo de materiales y equipo a utilizar (3% costo total de la obra)					C\$60,948.68
	Costo por transporte (8% costo total de la obra)					C\$162,529.81
	Imprevistos (10% costo de la obra)					C\$203,162.26
	Total Costos Directos					C\$2,458,263.37
	Impuesto al Valor Agregado (IVA)					C\$368,739.51
COSTO TOTAL DE LA OBRA						C\$2,827,002.88

*Todos los precios de los materiales fueron obtenidos de la bodega de Amigos For Christ.

B. Análisis del agua



LABORATORIOS QUIMICOS, S. A.
LAQUISA



LAQUISA-RT-FM-068-ES

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: Amigos for Christ, Inc
Dirección: Reparto: Monserrat, de la Disco 2 c. al Norte, Chinandega.
Nombre de muestra: Casa comunal El Pedregal
Descripción muestra: Agua
Fecha ingreso: 2018/01/19
Ref. laboratorio: AG-0070-18
Número de muestreo:

Lugar de muestreo: Comunidad: El Pedregal
Municipio/Depto.: El Viejo/Chinandega
Fecha muestreo: 2018/01/18
Fecha de realización de ensayo: 2018/01/22-2018/01/30
Fecha de emisión: 2018/01/31
Muestreado por: Cliente

Análisis	Unidad	Resultado
*Sodio	mg/l	21,04
*Potasio	mg/l	0,41
*Calcio	mg/l	44,87
*Magnesio	mg/l	14,55
Carbonatos	mg/l	ND (<2,4)
Bicarbonatos	mg/l	230,32
*Sulfatos	mg/l	9,00
Cloruros	mg/l	9,64
*pH	-	7,0
*Conductividad Eléctrica	µS/cm	424,9
*Nitritos	mg/l	NC (<0,009)
Nitratos	mg/l	4,20
Fosfatos	mg/l	ND (<0,061)
Dureza Como Carbonato de Calcio	mg/l	171,99

* Estos ensayos son los que están dentro del alcance de acreditación: LE-010-11-1.

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida.
Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA

ND: No Detectado.

NC: No Cuantificado.





LABORATORIOS QUIMICOS, S. A. LAQUISA



LAQUISA-RT-FM-068-ES

INFORME DE ANÁLISIS

Ciente: Amigos for Christ, Inc
Dirección: Reparto: Monserrat, de la Disco 2 c. al Norte, Chinandega.
Nombre de muestra: Casa comunal El Pedregal
Descripción muestra: Agua
Fecha ingreso: 2018/01/19
Ref. laboratorio: MC-0108-18
Número de muestreo:

Lugar de muestreo: Comunidad: El Pedregal
Municipio/Depto.: El Viejo/Chinandega
Fecha muestreo: 2018/01/18
Fecha de realización de ensayo: 2018/01/22-2018/01/25
Fecha de emisión: 2018/01/25
Muestreado por: Cliente

Análisis	Unidad	Resultado
*Coliformes Totales	NMP/100 ml	33
*Coliformes Fecales	NMP/100 ml	23

* Estos ensayos son los que están dentro del alcance de acreditación: LE-010-11-1.

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida.
Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA



C. Encuesta

Encuesta Socioeconómica

Departamento _____

Municipio _____

Comunidad _____

Fecha _____

Datos Personales (INICIAR CON EL RESPONSABLE DEL HOGAR)

Nombre y Apellido	Parentesco	Sexo	Edad	Nivel de Escolaridad	Ocupación

I. Condiciones de la Vivienda

1. La vivienda es: Propia _____ Prestada _____

Alquilada _____

2. Estado de la Vivienda: Buena _____ Regular _____

Mala _____

II. Situación económica de la familia

3. Cuantas personas del hogar trabajan? _____

4. ¿Cuál es el ingreso económico del mes en el hogar?
C\$ _____

5. ¿En que trabajan las personas del hogar?

Ganadería _____ Agricultura _____

Otros _____ Cual? _____

6. Que cultivos realizan?

Arroz _____ Frijoles _____ Maiz _____ Ninguno _____

Otros (Cual) _____

7. Tienen Ganado? Si _____ No _____

Cuantos y que animal es: _____

8. Tienen animales de crianza? Si _____ No _____

Cuantos y que animal es: _____

III. Saneamiento e Higiene Ambiental de la Vivienda

9. Tienen Letrina? Si _____ No _____

10. Que hacen con las Aguas Residuales?

La Riegan _____ La dejan correr _____

Tienen Zanja de drenaje _____

Tienen filtro de drenaje _____

11. Existen Charcos en el patio?

Si _____ No _____

MUCHAS GRACIAS POR LLENAR ESTA ENCUESTA!!!!

Encuesta Para el Diagnóstico de la Condición del Servicio

I. Usos Domésticos

1. Cuáles son los usos domésticos que le dan al agua del pozo (puede marcar varias)

- a) Preparación de alimentos _____ b) Bebida _____
c) Lavado de platos _____ d) Aseo de la vivienda _____
e) Ducha _____ f) Lavado de ropa _____

2. En situaciones de escases para que situaciones prioriza el Agua (marcar dos)

- a) Alimentos _____ b) Bebida _____ c) ducha _____
d) Lavado de platos _____

3. En promedio, Cuánta agua utiliza en la vivienda

- a) Cuatro baldes _____ b) Cinco baldes _____
c) Seis baldes _____ d) Mas de seis _____

II. Demanda de Agua de los Animales

4. Tienen Animales? Si _____ No _____

- Cuantos Tiene: a) Gallina _____ b) Cerdos _____
c) Caballos _____ d) Burro _____ e) Mula _____
f) Cabra _____ g) Novillo _____ h) Conejo _____
i) Vaca _____ j) Perro _____ k) Gato _____

5. Los animales grandes se abastecen de agua

- a) Quebrada _____ b) Agua de vivienda _____

III. Demanda de Agua para MicroEmpresas

6. Tiene algun negocio en su vivienda

Si _____ NO _____ Encaso de un NO omita la seccion

7. Que tipo de negocio tiene

- a) Pulperia _____ b) Panaderia _____
c) Venta de Almuerzo _____
d) Otro _____

8. Cuanta Agua utiliza para su negocio

- a) Cuatro baldes _____ b) Cinco _____
b) seis _____ d) Mas de seis _____

IV. Condición de Servicio

9. Cual es la principal fuente de Abastecimiento

- a) Pozo _____ b) Manantial _____
Otro _____

10. A que hora acostumbra sacar agua

- a) 4-6 am _____ b) 6-8 am _____ c) 8-10am _____
d) 10-12 am _____ e) 12-2 pm _____
f) 2-4 pm _____ g) 4-6 pm _____

11. Considera adecuada la cantidad de agua obtenida

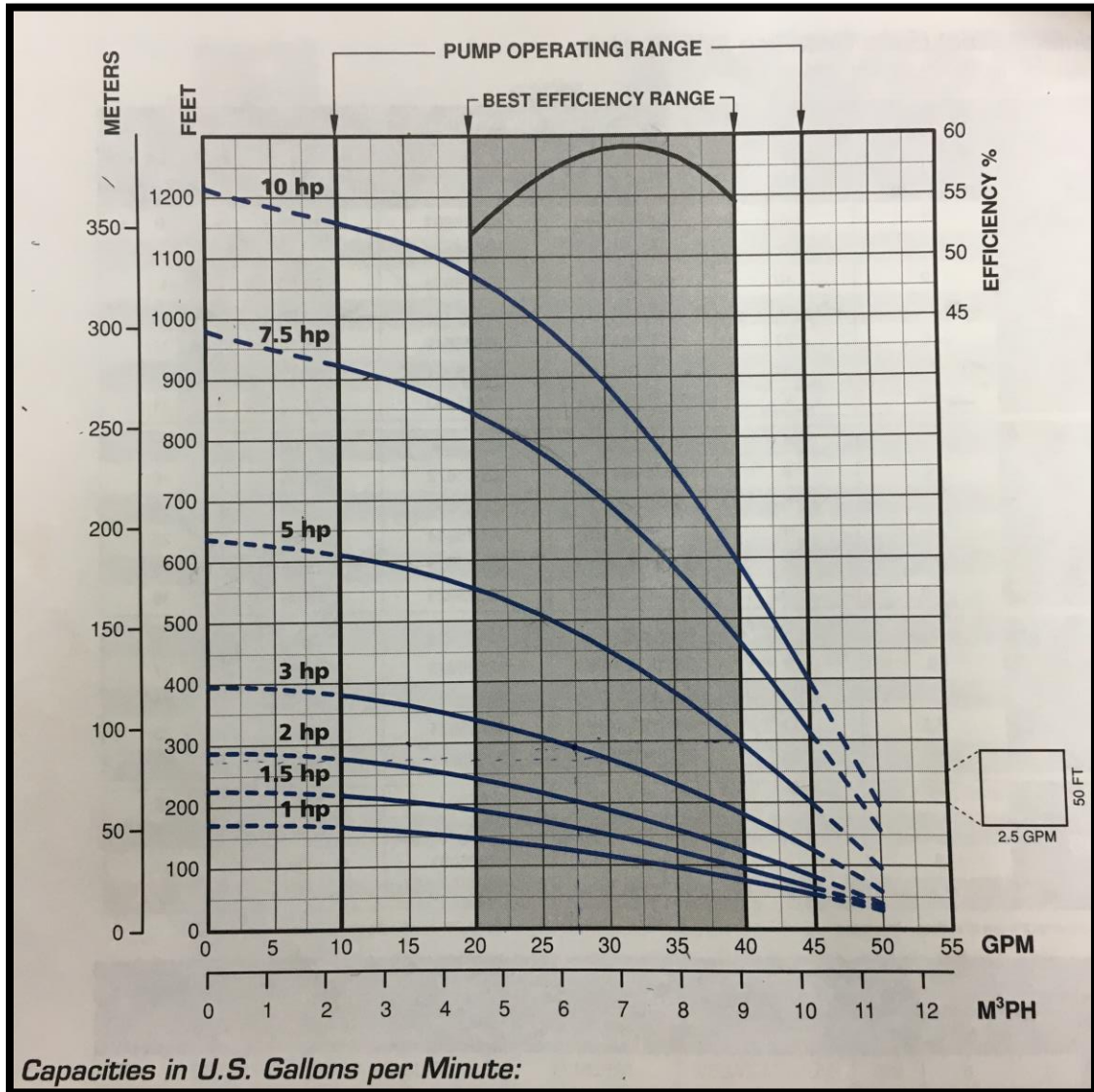
SI _____ NO _____

12. Cuanta agua cree que necesita por vivienda para satisfacer las necesidades

- a) Seis baldes _____ b) siete baldes _____
c) Ocho baldes _____ d) mas de ocho _____

MUCHAS GRACIAS POR LLENAR ESTA ENCUESTA!!!!!!

D. Curva Característica de la Bomba

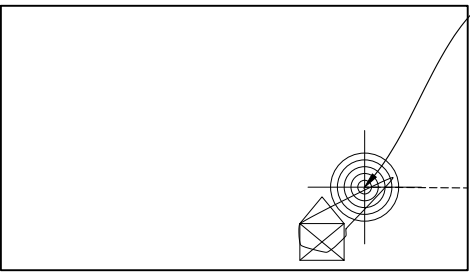


E. PLANOS

Tanque de Almacenamiento.

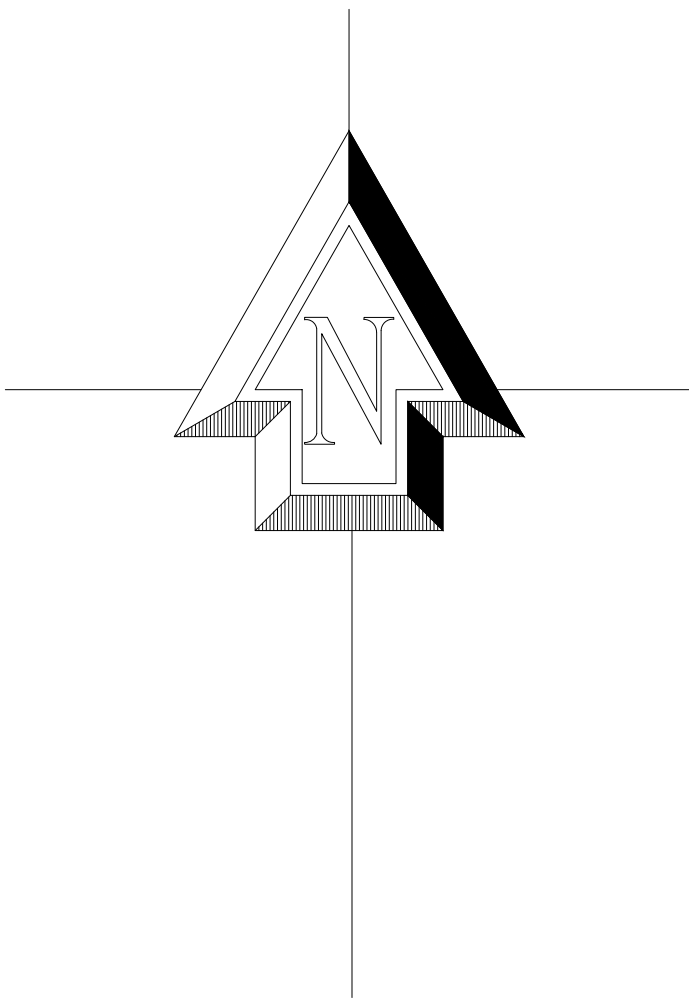
SECCIÓN (LC-00)

Pozo de Abastecimiento.



REFERENCIACIÓN POZO DE ABASTECIMEINTO.
COORDENADAS UTM WGS-84
X= 466,124.26 m
Y= 1,401,485.15 m
Cota= 18 m.s.n.m

SECCIÓN (LC-10)



SECCIÓN (LC-13)

Pozo de
Abastecimiento

SECCIÓN (LC-07)

SECCIÓN (LC-06)


SECCIÓN (LC-05)

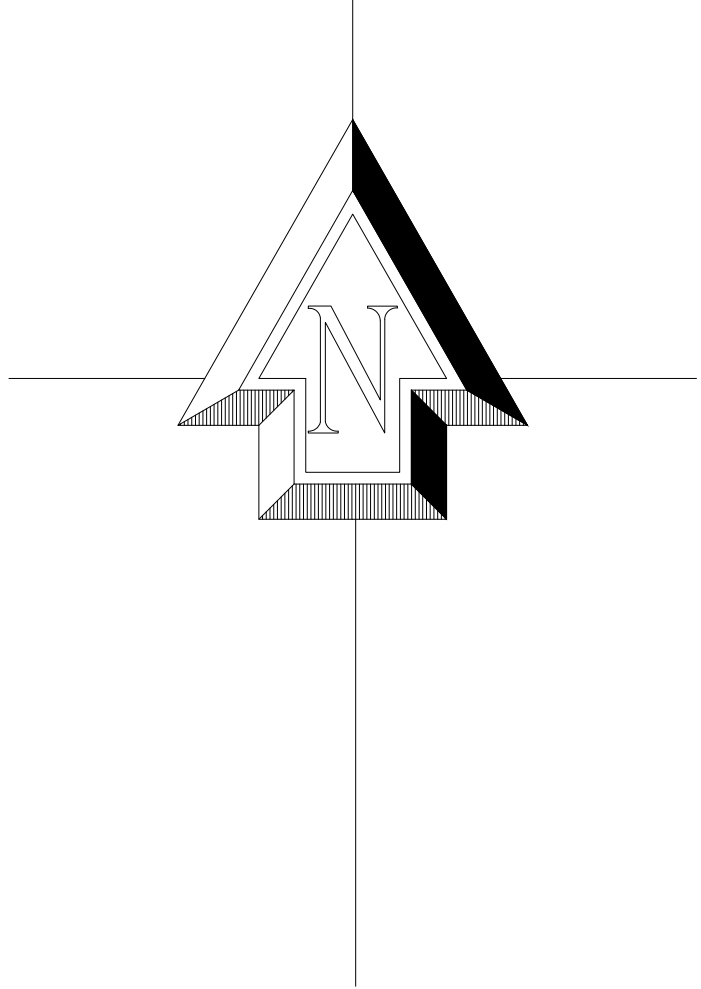
SECCIÓN (LC-15)


SECCIÓN (LC-04)

	PROYECTO		DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EL PEDREGAL, EL VIEJO, CHIHUAHUA	
	CONTENIDO	ESCALA	FECHA	FECHA
	PLANO TOPOGRÁFICO	1:2000	SEPTIEMBRE 2019	SEPTIEMBRE 2019
	ING. MARIA ELENA BALDIZÓN	ING. MARIA ELENA BALDIZÓN	ING. MARIA ELENA BALDIZÓN	ING. MARIA ELENA BALDIZÓN
	ING. FRANCISCO JAVIER DESNAS	ING. FRANCISCO JAVIER DESNAS	ING. FRANCISCO JAVIER DESNAS	ING. FRANCISCO JAVIER DESNAS



	PROYECTO			
	DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EL PEDREGAL, EL VIEJO, CHINANDEGA			
	CONTENIDO			
CONTENIDO	ING. MARIA ELENA BALDIZÓN	ESCALA	1:2000	LUMINA 9 SE A02.2
	ING. JEAN LUC PINEDA BR. FRANCISCO JAVIER CERRAS	FECHA	SEPTIEMBRE 2019	



	PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EL PEDREGAL, EL VIEJO, CHINANDEGA				LÍNEA	
	CONTENIDO: PLANO TOPOGRÁFICO				SE	9
AUTOR: ING. MARÍA ELENA BALDIZÓN		ESCALA: 1:2000		FECHA: A02.3		
REVISOR: DR. JEAN LUC PINEDA		FECHA: SEPTIEMBRE 2019		AUTOR: FRANCISCO JAVIER DESSAS		